

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

Edson Luiz Lindner

**UMA ARQUITETURA PEDAGÓGICA APOIADA EM TECNOLOGIAS
DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO:
PROCESSOS DE APRENDIZAGEM EM QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

Porto Alegre
2009

Edson Luiz Lindner

**UMA ARQUITETURA PEDAGÓGICA APOIADA EM TECNOLOGIAS
DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO:
PROCESSOS DE APRENDIZAGEM EM QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador: Dra. Léa da Cruz Fagundes
Coorientador: Dr. Milton Antônio Zaro

Linha de Pesquisa: Ciência Cognitiva Aplicada

Porto Alegre

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Aldo Bolten Lucion

Diretor do CINTED: Profa. Rosa Maria Viccari

Coordenador do PPGIE: Prof. José Valdeni de Lima

- L747a Lindner, Edson Luiz
Uma arquitetura pedagógica apoiada em tecnologias da informação e comunicação: processos de aprendizagem em Química no ensino médio/Edson Luiz Lindner. – 2009.
126 f.
- Tese (Doutorado em Informática na Educação) –
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS
2009
1. Química - Aprendizagem. 2. Tecnologias de Informação e Comunicação – Utilização 3. Arquitetura pedagógica – Ensino Médio Inovador 4. Epistemologia Genética. I. Título.

CDU – 371.3:54

Edson Luiz Lindner

**UMA ARQUITETURA PEDAGÓGICA APOIADA EM TECNOLOGIAS
DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO:
PROCESSOS DE APRENDIZAGEM EM QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Aprovada em 16 jul. 2009.

Prof. Dra. Léa da Cruz Fagundes – Orientador

Prof. Dr. Milton Antônio Zaro – Coorientador

Prof. Dra. Cleci Maraschin – PGIE/UFRGS

Prof. Dra. Darli Collares – FACED/UFRGS

Prof. Dr. Roque Moraes – PUCRS



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**Ata da Sessão de Defesa de Tese de Doutorado de
Edson Luiz Lindner**

Uma arquitetura pedagógica apoiada em tecnologias da informação e comunicação: processo de aprendizagem em química no ensino médio

Às nove horas do dia dezesseis de julho de dois mil e nove, na sala 323 do PPGIE/CINTED, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, realizou-se a Defesa de Tese intitulada *Uma arquitetura pedagógica apoiada em tecnologias da informação e comunicação: processo de aprendizagem em química no ensino médio*, de autoria de **Edson Luiz Lindner**, sob a orientação da Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes e co-orientação do Prof. Dr. Milton Antonio Zaro. A Banca Examinadora, composta pelos Professores Doutores Cleci Maraschin, Darli Collares e Roque Moraes, aprovou a Tese de Doutorado do aluno, que cumpriu com todos os requisitos e terá seu título de Doutor em Informática na Educação homologado pela Comissão de Pós-Graduação em Informática na Educação.

Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes
Presidente e Orientadora

Profa. Dra. Cleci Maraschin
PGIE/UFRGS

Prof. Dr. Roque Moraes
PUCRS

Prof. Dr. Milton Antonio Zaro
Co-orientador

Profa. Dra. Darli Collares
UFRGS/FACED

AGRADECIMENTOS

À Flávia, Mariana e Tiago pela paciência, compreensão e apoio.

Aos meus pais que sempre me apoiaram em todos os anos de estudo e na minha formação desde criança.

À minha orientadora, Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes, pelas oportunidades de interação e vivências Piagetianas no LEC e no Projeto UCA.

Ao Prof. Zaro pela coorientação e ensinamentos das Ciências.

Aos colegas do Colégio de Aplicação da UFRGS pelo apoio, carinho e por acreditarem no meu trabalho.

Aos colegas, professores e funcionários do PGIE, pelas trocas de conhecimentos e suporte à minha evolução cognitiva.

Aos amigos Antonio Lira, Cláudio Ferretti e Ítalo Dutra pelos momentos de diálogos epistemológicos sobre a obra de Piaget.

RESUMO

A necessidade urgente de mudanças no Ensino Médio do Brasil motivou o pesquisador desta tese a propor mudanças na forma tradicional de se trabalhar a Química com os estudantes. Com a evolução das tecnologias de informação e comunicação, é necessário que o cidadão seja incluído na cultura digital para que possa fazer parte da sociedade globalizada dos dias atuais. Assim, também é tarefa da escola a busca da inclusão dos sujeitos nessa cultura digital. A utilização das novas tecnologias é importante e deve ser considerada quando se planejam atividades de aprendizagem com os alunos da Escola Básica. O principal objeto de pesquisa dessa tese foi o estudo dos processos cognitivos que envolvem aspectos da aprendizagem da Química com o uso dessas tecnologias. Procurou-se verificar como uma Arquitetura Pedagógica orientada para os alunos, contendo atividades experimentais, produção de vídeos e elaboração de modelos digitais no ambiente *Squeak-Etoys*, pode contribuir para a construção do conhecimento químico. Entende-se a Arquitetura Pedagógica como um conjunto de estratégias, dinâmicas de grupo, softwares educacionais e ferramentas de apoio à cooperação que possam favorecer a aprendizagem. A análise dos processos vivenciados pelos sujeitos da pesquisa foi fundamentada pela Epistemologia Genética de Jean Piaget. A partir das análises dos dados da pesquisa, pretende-se propor orientações para as ações pedagógicas com o uso de ambientes digitais, onde ocorram processos nos quais os sujeitos possam representar, ampliar e consolidar o seu conhecimento científico.

Palavras-chave: Aprendizagem em Química. Arquitetura Pedagógica. Utilização das TIC's. Ambientes Digitais. Ensino Médio Inovador. Epistemologia Genética.

ABSTRACT

The urgent need for changes in high school in Brazil led the researcher of this thesis to propose changes in the traditional way of working with the chemistry students. With the development of information and communication technologies, it is necessary that the public is included in the digital culture that may be part of the global society of today. Thus, it is also the school's task to find the inclusion of subjects in digital culture and use of new technologies is important and should be considered when planning activities for learning with students from the Basic School. The main object of this thesis research was to study the cognitive processes that involve aspects of the learning of chemistry with the use of these technologies. It is found as a pedagogical architecture oriented students, containing experimental activities, production of videos and digital models in the development of digital environment-Squeak Etoys, can contribute to the construction of chemical knowledge. The Pedagogical Architecture means as a set of strategies, group dynamics, educational software and tools to support cooperation to promote learning. The analysis of the processes experienced by the subjects of the research was motivated by the Genetic Epistemology of Jean Piaget. From the analysis of data from the research aims to propose guidelines for the teaching activities with the use of digital environments, where processes occur in which the subject may pose, extend and consolidate their knowledge.

Keywords: Learning in Chemistry. Pedagogical Architecture. Information's Tecnologies.

Digital Environments. Innovative High School. Genetic Epistemology.

SUMÁRIO

1. Apresentação da Tese	6
1.1 Justificativas	9
1.2 O Problema de Pesquisa	13
1.3 Objetivos	14
2. Fundamentação Teórica	15
2.1 A Epistemologia Genética	15
2.1.1 Tomada de Consciência.....	17
2.1.2 Fazer e Compreender.....	18
2.1.3 A Equilibração das Estruturas Cognitivas.....	20
2.1.4 A Abstração Reflexionante.....	22
2.2 Objetos Digitais Interativos	23
2.3 As Implicações Significantes	25
2.4 O Ambiente Squeak-Etoys	26
2.4.1 Algumas Funcionalidades do Ambiente Squeak-Etoys.....	28
3. Técnicas e Métodos	34
3.1 Introdução	34
3.2. A Arquitetura Pedagógica Construída	38
3.2.1 Detalhando os procedimentos da Arquitetura Pedagógica no Estudo Piloto.....	41
4. Apresentação e Discussão dos Dados Coletados	56
4.1 Introdução	56
4.2 A Etapa das Atividades Experimentais	58

4.3 A Etapa das Produções dos Vídeos.....	61
4.4 A Etapa das Representações e Modelos Digitais no Squeak-Etoys.....	69
4.5 A Entrevista Clínica e a Retomada dos Mapas Conceituais.....	78
5. Conclusões e Considerações Finais.....	84
6. Bibliografia.....	90
7. Anexos.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática da interação sujeito-objeto	18
Figura 2 – Alan Kay e alguns de seus colegas pesquisadores.....	27
Figura 3 – Tela inicial do ambiente Squeak na versão Etoys 3.0, build 2177,.....	28
Figura 4 – Ferramentas da aba do navegador do Squeak-Etoys.....	29
Figura 5 – Ferramentas da aba dos suprimentos do Squeak-Etoys.....	29
Figura 6 – Ferramentas do catálogo de objetos do Squeak-Etoys.....	30
Figura 7 – Funcionalidades da ferramenta pincel do Squeak-Etoys.....	30
Figura 8 – Visualizador do objeto no Squeak-Etoys.....	31
Figura 9 – Scripts do visualizador do objeto no Squeak-Etoys.....	32
Figura 10 – Esquema Geral da Arquitetura Pedagógica.....	41
Figura 11 – Página inicial do Ambiente Açai.....	43
Figura 12 – Versão-1 do mapa conceitual elaborada pela aluna [ESP].....	45
Figura 13 - Versão-2 do mapa conceitual elaborada pela aluna [ESP].....	45
Figura 14 – Versão-2 do mapa conceitual elaborada pela aluna [VIE].....	46
Figura 15 – Imagem do vídeo produzido pelos alunos para a reação de ácido clorídrico e metais.....	48
Figura 16 – Imagem do vídeo produzido pelos alunos para a reação de indicadores em meio ácido e básico.	48
Figura 17 – Seqüência da representação digital da reação da gota de fenolftaleína que cai em um tubo de ensaio com a solução básica, elaborada pela aluna [ESP].....	51
Figura 18 – Seqüência elaborada de forma cooperativa e que representa o esquema da reação da gota de fenolftaleína em meio ácido e em meio básico, apresentando as respectivas estruturas moleculares desse indicador em cada meio.....	52
Figura 19 – Seqüência de páginas no ambiente Squeak-Etoys com um modelo de relatório digital para experimentos químicos.....	54
Figura 20 – Mapa conceitual inicial elaborado pela aluna [COS] para reação de metais e ácido clorídrico.....	59

Figura 21 – Mapa conceitual inicial elaborado pela aluna [MAR] para reação de metais e ácido clorídrico.....	60
Figura 22 – Sequência de imagens da Storyboard elaborada na ferramenta livro do ambiente Squeak-Etoys para a produção do vídeo sobre indicadores ácido-básicos.....	63
Figura 23 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] após a atividade experimental desencadeadora.....	64
Figura 24 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] após a produção do vídeo.....	65
Figura 25 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [VIN] após a atividade experimental.....	66
Figura 26 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [VIN] após a produção do vídeo.....	67
Figura 27 – Imagem do vídeo sobre condução corrente elétrica do sal de cozinha e açúcar na oficina.....	68
Figura 28 – Imagem do vídeo sobre reação de metais e ácido clorídrico na oficina....	68
Figura 29 – Imagem da representação digital elaborada pela aluna [ADR] no ambiente Squeak-Etoys.....	70
Figura 30 – Imagem do visualizador de objetos do Squeak-Etoys mostrando o “direcionador” de movimento.....	71
Figura 31 – Imagens da representação digital da aluna [ADR] para o cobre em Contato com o ácido clorídrico, no início e no final do efeito programado.....	72
Figura 32 – Imagens da representação digital do aluno [BRE] para a reação do ferro em contato com o ácido clorídrico.....	72
Figura 33 – Imagem da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio	73
Figura 34 – Imagem do momento inicial da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio...	75
Figura 35 – Imagem de outro momento da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio...	75
Figura 36 – Imagem do momento final da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio...	76
Figura 37 – Mapa conceitual elaborado pela aluna [TAT] após a produção do vídeo.....	77

Figura 38 – Mapa conceitual elaborado pela aluna [TAT] após o modelo digital.....	77
Figura 39 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [LEO] após o modelo digital.....	79
Figura 40 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [LEO] após a entrevista clínica.....	80
Figura 41 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] antes da entrevista clínica.....	81
Figura 42 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] ao final da entrevista clínica.....	82
Figura 43 – Mapa conceitual final elaborado pelo aluno [PED] após as etapas da AP.....	85
Figura 44 – Primeiro mapa conceitual elaborado pelo aluno [PED] no início da oficina.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Roteiro para atividades e análises dos dados coletados.....	37
Quadro 2- Características dos estudantes do estudo piloto.....	41
Quadro 3: Características dos estudantes da escola estadual de Viamão.....	57

1. Apresentação

A presente tese teve como principal mote de pesquisa o estudo dos processos cognitivos que envolvem aspectos da aprendizagem da Química no Ensino Médio por meio do uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC's). Procurou-se verificar como uma Arquitetura Pedagógica (AP¹) orientada para os alunos, contendo atividades experimentais, produção de vídeos e elaboração de modelos digitais no ambiente *Squeak-Etoys*², pode contribuir para a construção do conhecimento químico. Entende-se como modelo digital a representação do fenômeno estudado em laboratório, por meio de abstrações dos alunos em ambiente computacional, e que apresentem os atributos essenciais para esta representação.

Em nossa prática pedagógica, o ensino da Química se faz pelas interações e trocas de experiências entre docentes e alunos em um processo contínuo de aprendizagem. Os cursos de Licenciatura em Química, embora em constante reformulação, carecem ainda de um maior oferecimento de interações que permitam, ao futuro docente, promover o exercício pleno das competências e habilidades exigido na tarefa de construir o conhecimento. Nesta pesquisa, realizou-se uma aplicação de novos recursos no uso das TIC's e pretende-se contribuir com a construção de uma AP que promova a aprendizagem de conceitos químicos. A análise dos processos vivenciados pelos sujeitos da pesquisa foi fundamentada pela Epistemologia Genética de Jean Piaget. O aluno inicia seu processo de aprendizagem a partir de uma atividade experimental em laboratório. A seguir, produz um vídeo sobre essa atividade e após utiliza o ambiente computacional *Squeak-Etoys* para produzir representações ou modelos digitais do fenômeno estudado.

¹ O conceito Arquitetura Pedagógica foi apresentado por CARVALHO, NEVADO e MENEZES (2005) e citado por LINDNER, MENEZES, LIRA e FERRETTI (2006) para designar uma combinação de estratégias, dinâmicas de grupo, softwares educacionais e ferramentas de apoio à cooperação, voltadas para o favorecimento da aprendizagem. Assim, a Arquitetura Pedagógica envolve todas as atividades e recursos utilizados nas diferentes etapas do processo de aprendizagem proposto pelo seu autor/idealizador.

² *Squeak-Etoys* é, entre outras coisas, uma ferramenta mediadora da construção do conhecimento matemático e científico, uma vez que pode ser utilizada para reproduzir simbolicamente fenômenos conhecidos e adequar suas relações com princípios matemáticos simples e complexos". (Página da Etoysbrasil disponível em <http://etoysbrasil.org/mais.html>).

Assim, a pesquisa quer verificar como esse processo de aprendizagem contribui para a construção cognitiva dos sujeitos e quais mecanismos são utilizados. Para tal, utilizou-se de conceitos apresentados por Piaget, principalmente aqueles contidos nas obras “A Tomada de Consciência” (Piaget, 1978a), “Fazer e Compreender” (Piaget, 1978b), “Equilibração das Estruturas Cognitivas” (Piaget, 1976) e “Abstração Reflexionante” (Piaget, 1995).

Inicialmente, um estudo piloto com quatro alunos do segundo ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS foi efetivado durante o segundo semestre de 2007 em atividades da disciplina de Enriquecimento Curricular intitulada “Produzindo Vídeos e Simulações em Química”. Procurou-se verificar quais as competências e habilidades deles durante o processo de aprendizagem. Os alunos produziram vídeos a partir de duas atividades experimentais. Uma envolvia a reação de três diferentes metais com ácido clorídrico em diferentes concentrações. Outra envolvia a verificação da coloração de três indicadores em meio ácido e básico. Após essa atividade, os alunos deveriam elaborar representações ou modelos digitais utilizando o ambiente *Squeak-Etoys*. Entre as etapas foram produzidos mapas conceituais. Ao final, os alunos foram questionados sobre as atividades desenvolvidas. Cabe salientar, que o termo “simulação” foi utilizado de maneira equivocada no título, uma vez que a leitura de várias referências apresenta a simulação como uma representação do real, modelado em computador, e que permite estudar o comportamento do fenômeno simulado por meio de variações das condições experimentais. No caso das produções dos alunos no ambiente *Squeak-Etoys*, o termo mais adequado é “representação ou modelo digital”, pois não tem a pretensão de propor ferramentas para testar variações, mas apenas representar o fenômeno observado por meio de suas abstrações.

Após o estudo piloto, que serviu para testar a viabilidade e aprimorar as etapas da arquitetura pedagógica proposta, novos estudos com outros sujeitos de escola pública foram desenvolvidos para que novos dados fossem coletados para a análise, assim como a realização de entrevistas clínicas piagetianas sobre os mapas conceituais produzidos. A partir desse processo de pesquisa pretende-se propor orientações para as ações pedagógicas com o uso de ambientes digitais, onde ocorram processos em que os sujeitos possam representar, ampliar e consolidar o seu conhecimento científico.

Desse modo, o produto final dessa tese será uma Arquitetura Pedagógica construída para trabalhar fenômenos químicos e proporcionar aos estudantes do Ensino Médio a vivência de processos que promovam a construção de conceitos da Química nesse nível da Educação

Básica. Essa AP pretende servir de orientação aos professores que desejarem buscar alternativas para atividades de aprendizagem em Química no Ensino Médio atual. Se considerarmos as últimas manifestações do Ministério de Educação do Brasil, pode-se verificar que existe uma grande preocupação em promover alterações nesse nível de ensino, buscando-se propostas inovadoras para trabalhar com os estudantes. O autor desta tese acredita que a Arquitetura Pedagógica proposta em sua pesquisa seja uma das formas de inovar as atividades de aprendizagem com os alunos do Ensino Médio.

1.1 Justificativas

Artigos publicados e que analisam a abordagem dos conceitos de Química no Ensino Médio vêm sistematicamente apontando uma série de inadequações tanto no que se refere aos conteúdos - seleção, encadeamento e abordagem de conceitos, leis e teorias - como nas estratégias utilizadas para apresentá-los aos alunos. Schnetzler (2002) critica algumas idéias ultrapassadas nas quais as pesquisas em Ensino de Química estavam reduzidas a meras aplicações de teorias e modelos das Ciências Humanas, nas décadas de 60 e 70 do século passado. A partir dos anos 80, Schnetzler (2002) aponta que, ao situarem-se na área da Didática das Ciências, as pesquisas no Ensino de Química adquirem um novo status. Dessa década aos dias atuais, muitas iniciativas e inovações na prática pedagógica dos professores têm surgido. Algumas com sucesso e outras passando por constantes avaliações e reformulações.

Em encontros nacionais e regionais sobre o ensino de Química, ao longo dos últimos anos, professores e pesquisadores têm apresentado novas propostas e inovações para atividades com os alunos de modo a aproximá-los com os fenômenos e conceitos químicos. É sabido por muitos professores e pedagogos que, na atual era da comunicação e da informação, devemos rever nossos métodos de ensino e de aprendizagem, sob pena de pararmos no tempo enquanto nossos alunos, com todos os recursos tecnológicos ao seu dispor, irão avançar na obtenção das informações necessárias para sua vida e seu trabalho. Segundo Passarelli (2003),

O mundo das novas tecnologias de comunicação é caracterizado por atributos como interatividade, mobilidade, convertibilidade, interconectividade, globalização e velocidade. [...] estamos vivendo mudanças significativas de valores [...] As capacitações e o discernimento de cada cidadão serão o recurso principal de cada nação. (Passarelli, 2003, pág.1).

Desde a década de 90, a equipe de professores de Química do Colégio de Aplicação da UFRGS, da qual o autor dessa proposta faz parte, efetivou contatos com professores da rede pública e privada de ensino, por meio de cursos de extensão, do acompanhamento de estágios da Prática de Ensino de Química e aulas ministradas no Curso de Especialização em

Educação Química. Tais contatos corroboraram com as evidências de que o ensino em Química ainda está em fase de transição e reformulação.

Para exemplificar esse aspecto, destacam-se como principais dificuldades:

- (a) a defasagem entre a natureza do conteúdo trabalhado e o estágio de desenvolvimento cognitivo dos alunos;
- (b) a ausência de um fundamento concreto/macroscópico que permita entender a construção de determinados conceitos, modelos, leis e teorias;
- (c) o encadeamento de conteúdo muitas vezes inadequado;
- (d) a ausência de debates sobre a natureza e significado da Química ou da Ciência;
- (e) a ausência de relações entre o conhecimento abordado e a realidade do aluno;
- (f) a ausência de caráter investigatório;
- (g) a fragmentação de conteúdos em tópicos isolados;
- (h) o excesso de informações;
- (i) a ênfase na memorização de informações;
- (j) a inadequação dos conteúdos a serem trabalhados no Ensino Médio.

A equipe de professores de Química do Colégio de Aplicação da UFRGS, ao longo dos últimos anos, vem elaborando uma proposta alternativa para o currículo de Química no Ensino Médio³. Essa proposta está embasada em princípios bem definidos, que a orientam.

1º Princípio – Promover a construção do conhecimento químico:

- por meio da determinação de quais devem ser os fundamentos concreto-macroscópicos que subsidiam os conceitos e enunciados selecionados.
- oferecendo oportunidades de manipular substâncias, identificar suas propriedades e observar transformações que ocorrem nestas propriedades: conhecimento empírico.
- buscando relações entre fatos concretos e os modelos teóricos propostos.

2º Princípio - Consolidar e ampliar os conceitos selecionados, retomando sistematicamente o conhecimento com abordagens em nível de complexidade crescente.

³ Esse texto faz parte do artigo *Ensino de Química no Colégio de Aplicação: um processo de reestruturação curricular*. In **Cadernos do Aplicação**. Vol. 16. Número 1. p.57-67. Jan./Jun./2003. Porto Alegre: UFRGS, onde o autor desta tese é co-autor do artigo.

As implicações do conhecimento dentro da estrutura conceitual, isto é, da rede de relações que ele estabelece com outros conhecimentos é aspecto essencial para explicitar sua natureza e seu significado. Assim, devem-se trabalhar os conceitos de forma interligada retomando um mesmo conceito em diferentes momentos de sequência de conteúdos.

3º princípio - *Perceber a evolução histórica - temporal do conhecimento:*

- verificando como os diferentes episódios históricos contribuíram para a construção gradual dos conhecimentos e para o aprimoramento dos modelos.

- abordando os limites e desajustes no conhecimento científico.

A idéia de aproximação ou afastamento dos modelos em relação ao domínio empírico é aspecto indispensável para se compreender a vulnerabilidade do conhecimento em ciência. Geralmente as teorias e modelos são apresentados aos alunos de forma dogmática sugerindo que estes modelos se ajustam perfeitamente ao conhecimento empírico. Torna-se, portanto, necessário falar de suas limitações.

4º princípio - *Buscar relações entre os conceitos trabalhados e as vivências do aluno:*

- propiciando situações onde o aluno possa compreender a Química em situações reais da sua vivência e procure explicações para estes fatos com base nos conhecimentos adquiridos.

- problematizando o conhecimento.

Não é apenas desenvolver no aluno a capacidade "ver a Química" que ocorre em situações reais, mas ir além de ver. Possuir os instrumentos e os conhecimentos que permitam ao aluno propor explicações para o que vê. É importante abrir possibilidades para o estabelecimento de constantes relações entre o que o aluno já conhece e as novas situações que irá vivenciar, permitindo a compreensão dos fenômenos.

Desse modo, com a evolução das tecnologias de informação e comunicação, é necessário que o cidadão seja incluído na cultura digital para que possa fazer parte da sociedade globalizada dos dias atuais. Assim, também é tarefa da escola a busca da inclusão dos sujeitos nessa cultura digital. Com os crescentes investimentos em equipamentos de informática para a educação é necessário que os princípios citados anteriormente para o ensino da Química sejam mantidos, ampliando-os com o estabelecimento um quinto princípio baseado no uso das TIC's. Para tanto, deve-se possibilitar aos alunos a oportunidade de produzirem objetos digitais de aprendizagem, por meio de filmes e modelos digitais,

demonstrando como e quais os conceitos químicos foram aprendidos. A produção de modelos, utilizando o ambiente *Squeak-Etoys*, permitirá ao professor verificar de que modo o aluno assimila e acomoda os conceitos químicos em sua estrutura cognitiva. Tais produções poderão, ainda, serem utilizadas com outros alunos para que estes possam utilizar como motivação para construir novos conceitos ou reforçar/rever os conhecimentos adquiridos. Concordo com Sá Filho e Machado (2004) que devemos nos apropriar sobre o que significa o conceito de aprendizagem.

Para se trabalhar com eficiência com objetos de aprendizagem é preciso primeiro compreender com profundidade o significado do conceito de aprendizagem e sua diferença para o conceito de ensino; o conceito de construtivismo e de processos de construção de conhecimento; e também os conceitos essenciais da orientação a objetos: abstração, encapsulamento, compartilhamento, classificação, herança, reusabilidade e modularidade. (Sá Filho e Machado, 2004, pág.)

É de conhecimento dos educadores que estratégias de aprendizagem apresentam melhores resultados na construção do conhecimento e elaboração de conceitos, por parte dos alunos, que a mera transmissão e memorização desses conceitos. Assim, mesmos esperando resultados melhores com o uso das TIC's, é importante analisar e descrever o comportamento cognitivo dos estudantes em busca de uma melhoria nas estratégias previstas e reformulando, se necessário, as arquiteturas pedagógicas inicialmente propostas para a construção de determinado conceito químico.

1.2 O Problema de Pesquisa

O principal problema que orienta essa pesquisa é:

Como uma arquitetura pedagógica, elaborada com a produção de vídeos e modelos de experimentos químicos em ambiente digital, pelos alunos, pode contribuir na construção de conceitos em Química e quais mecanismos cognitivos apontados pela Epistemologia Genética estão envolvidos no processo dessas produções?

A partir desse problema inicial, outros subproblemas podem ser estabelecidos e também fazem parte da pesquisa:

Quais mecanismos cognitivos podem ser ativados no uso de recursos digitais interativos e como auxiliam no processo de aprendizagem?

Como propor novas estratégias na arquitetura pedagógica para permitir as regulações necessárias ao sujeito no processo de construção dos conceitos químicos?

Quais as possibilidades de avaliar o conhecimento químico por meio de relatório digital, com mapas conceituais e modelos digitais elaborados no ambiente Squeak-Etoys?

Um melhor detalhamento sobre os mecanismos cognitivos e do uso das TIC's serão apresentados nos capítulos seguintes.

1.3 Objetivos

A pesquisa tem como objetivo principal propor uma arquitetura pedagógica apoiada no uso das novas TIC's e compreender como sua utilização pode melhorar a aprendizagem dos alunos.

Como objetivos mais específicos, a pesquisa pretende verificar como e por que a produção de vídeos e de modelos em ambientes digitais possibilita uma melhor compreensão dos conceitos químicos e como os mecanismos cognitivos identificados no processo podem servir como indicadores para avaliar essa aprendizagem.

Assim, foi efetivada esta pesquisa com um grupo de alunos de escolas públicas (Colégio de Aplicação da UFRGS e uma escola estadual do município de Viamão-RS). Nela, aplicou-se uma arquitetura pedagógica, partindo-se de atividades experimentais e com a utilização dos recursos digitais disponíveis (vídeos e representações digitais), para que fosse possível analisar o processo de aprendizagem de alguns conceitos químicos, conforme os pressupostos teóricos apresentados por Jean Piaget em sua obra.

As imagens e figuras presentes nos anexos dessa tese mostram exemplos dos diferentes momentos de interação dos sujeitos envolvidos na pesquisa, bem como os registros decorrentes de cada etapa da Arquitetura Pedagógica construída.

2. Fundamentação Teórica

Ao longo da elaboração dessa pesquisa, vários conceitos teóricos foram analisados e estudados a partir da obra de Jean Piaget. Uma vez que a arquitetura pedagógica proposta tem como principal característica a interação sujeito/objeto, o autor desta tese evidenciou que pressupostos teóricos da Epistemologia Genética são necessários para que se possa compreender como os alunos constroem seus conceitos ao longo do processo de aprendizagem.

A seguir, são apresentados os conceitos teóricos e as considerações técnicas necessárias para a compreensão da pesquisa realizada.

2.1 A Epistemologia Genética

A Epistemologia Genética aponta para uma série de conceitos pertinentes ao processo de cognição do sujeito em interação com os objetos que o cercam. Esses conceitos apresentados por Jean Piaget, ao longo de sua vida dedicada à pesquisa sobre como o sujeito aprende e constrói seus sistemas de significações, mostram que o processo do conhecimento está restrito ao que esse sujeito pode assimilar, isto é, retirar dos observáveis ou dos não observáveis, num determinado momento, e acomodá-los aos seus esquemas de ações. Para Piaget, uma assimilação é uma associação acompanhada de inferências. O sujeito só retira por abstração aquilo que ele pode assimilar, isto é, aquilo que seu esquema atual de assimilação possibilita que ele retire. Segundo Becker (2001), “A abstração esta limitada pelo esquema de assimilação disponível no momento, o qual é síntese de experiências anteriores, ou seja, das abstrações empíricas e reflexionantes passadas”. Contudo, ele pode ser modificado por acomodação, a partir do momento que esse esquema de assimilação é insuficiente para compreender o objeto de seu estudo. Ao constatar isso, o sujeito volta para si mesmo produzindo transformações nos esquemas que não funcionaram de maneira satisfatória. Dessa forma, surge um novo esquema capaz de dar um significado ao que antes

era desconhecido, possibilitando novas assimilações ou abstrações (retiradas) das características dos objetos.

Llamaremos *esquemas* de acciones a lo que, em una acción, es de tal manera transponible, generalizable o diferenciable de una situación a la siguiente, o dicho de otra manera, a lo que hay de común em las diversas repeticiones o aplicaciones de la misma acción. Por ejemplo, hablaremos de um <<esquema de reunión>> em el caso de conductas como las de um bebé que amontona cubos, de um niño de mayor edad que reúne objetos tratando de clasificarlos, y volveremos a encontrar este esquema em formas innumerables hasta llegar a operaciones lógicas tales como la reunión de dos classes[...](PIAGET, 1994, p. 8).

Conforme Piaget, a cognição é resultante da interação entre o sujeito e o objeto, isto é da ação do sujeito. Dessa forma se valoriza o processo e não o sujeito (apriorista), nem o objeto (empirista). Esse processo que dá origem à formação da cognição se dá em duas dimensões complementares: seja para assimilação/acomodação, seja para reflexionamento/reflexão.

Para Becker (2001), a estrutura cognitiva se constitui na medida da qualidade da interação, significando, assim, que o processo de construção do conhecimento, ou seja, das estruturas cognitivas, é radicalmente individual, realizado coletivamente.

Assim, segundo Piaget,

[...] o conhecimento não pode ser concebido como algo predeterminado nem nas estruturas internas do sujeito, porquanto estas resultam de uma construção efetiva e contínua, nem nas características preexistentes do objeto, uma vez que só são conhecidas graças à mediação necessária dessas estruturas, e que estas, ao enquadrá-las, enriquecem-nas (quando mais não seja para situá-las no conjunto dos possíveis). (PIAGET, 1970, p.1)

Portanto, o desenvolvimento cognitivo se define na experiência e na interação de cada indivíduo. Os processos de repetição, de tentativas e erros fazem com que o desenvolvimento do sujeito se realize em um processo contínuo e progressivo.

O sujeito, desde criança, é concebido como um ser dinâmico, em contato com a realidade e operando ativamente com objetos e pessoas (processo interativo). Ele busca interpretar o mundo em que vive por meio de representações simbólicas e pelas implicações significantes, isto é, relações entre significações, das mais primitivas às mais elaboradas, como instrumentos da coordenação entre os esquemas, permitindo ao sujeito percorrer um processo na busca da compreensão das razões dos fatos e fenômenos que vivencia.

A seguir serão apresentados alguns conceitos piagetianos que irão balizar a análise dos dados obtidos durante a pesquisa.

2.1.1 Tomada de Consciência

Piaget afirma que “[...] a tomada de consciência de um esquema de ação o transforma em um conceito, essa tomada de consciência consistindo, portanto, essencialmente, numa conceituação”. (PIAGET, 1978a, p. 197).

Nas atividades experimentais de Química com alunos do Ensino Médio, pode-se observar que eles realizam uma série de procedimentos apresentados pelo professor no roteiro da atividade e, na maioria das vezes, os alunos agem e executam a atividade com êxito, sem terem a consciência da ação e dos motivos de seguirem tais procedimentos. A tomada de consciência passa a existir a partir do momento em que o sujeito passa a compreender suas ações, ou melhor, suas causas e seus efeitos. Isso ocorre a partir do momento em que ele se apropria dos mecanismos da própria ação. Por exemplo, quando o aluno afirma que agora entendeu o porquê de fazer de tal modo e não de outro.

A tomada de consciência se dá em cima das sucessivas e progressivas coordenações inferenciais⁴ das ações levando a uma ação refletida. A explicação se dá em função da compreensão. Ao compreender a ação, o sujeito começa a poder explicá-la. Nessa fase, o sujeito conhece determinado fato e sabe que conhece.

Conforme Piaget, a tomada de consciência é um processo que ocorre em diversos momentos. Ela evolui. A tomada de consciência faz a abstração reflexionante evoluir para abstração refletida, ou seja, o estágio mais elevado da abstração reflexionante, em qualquer nível.

[...] o que desencadeia a tomada de consciência é o fato de que as regulações automáticas (dos meios já em atuação, na correção da ação) não são mais suficientes e de que é preciso, então, procurar novos meios mediante uma regulação mais ativa e, em consequência, fonte de escolhas deliberadas, o que supõe (trabalho de interpretação e) a consciência. (PIAGET, 1978a, p.198)

⁴ Coordenação inferencial é o resultado das deduções, conclusões e raciocínios a partir dos dados de observação e que leva à Tomada de Consciência. Ela permite ao sujeito compreender, causalmente, os efeitos observados.

Deve-se entender por regulações, na teoria de Piaget, as compensações no sentido de retornar a uma situação de equilíbrio cognitivo do sujeito quando ele é desequilibrado por fatos ou respostas de ações não acomodadas nos seus esquemas de significações. Em outras palavras, fala-se de regulação quando a repetição X' de uma determinada ação X é modificada pelos resultados dessa ação para compensar os resultados de X sobre seu novo desenrolar X' . Como exemplo, um aluno que segurou um tubo de ensaio direto com sua mão durante a reação de magnésio com ácido clorídrico concentrado e sentiu que o tubo esquenta muito, podendo queimar seus dedos, ao repetir o experimento poderá utilizar um agarrador de tubos de ensaio para não sofrer esse incômodo novamente.

Pode-se considerar que a tomada de consciência procede, em Piaget, por movimentos graduais, da periferia (P) entre o sujeito (S) e o objeto (O) para o centro do sujeito (C) e o centro do objeto (C'), partindo-se do ponto de intersecção/interação da ação com a superfície do objeto, conforme a figura 1.

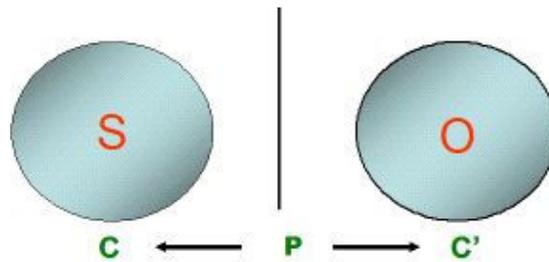


Figura 1 – Representação esquemática da interação sujeito-objeto.

Cada vez que sujeito e objeto interagem, mais o sujeito conhece das propriedades e funcionalidades do objeto, bem como as causalidades de suas ações, assimilando-as em seus sistemas de significações, permitindo a acomodação do objeto em novos esquemas de ação.

2.1.2 Fazer e Compreender

A partir da análise das tomadas de consciência do sujeito, Piaget (1978b) verificou que existem ações complexas, embora de êxito precoce, que apresentam característica de um saber que passa da forma prática da interação sujeito/objeto para o pensamento. As tomadas de consciência consistem em uma conceituação sobre os fenômenos causais das propriedades inerentes aos objetos, isto é, ocorre a transformação dos esquemas de ação do sujeito em noções e em operações que podem se estabelecer após um determinado tempo do êxito prático obtido na interação. Por exemplo, o sujeito pode verificar que para obter determinado

composto químico, a partir da reação entre dois ou mais reagentes, são necessárias proporções definidas de cada um desses reagentes e que o excesso de um ou outro não participa da reação. Com o tempo, ele verificará que existem relações estequiométricas em cada reação química e poderá estabelecer um conceito unificando as relações estequiométricas dos reagentes e a fórmula molecular ou estrutural das substâncias produzidas.

Para Piaget, dois tipos de coordenações podem ser evidenciados nos processos que vão das tomadas de consciência até as conceituações superiores. Uma delas é a coordenação das ações que apresenta características materiais e causais sendo, de certa forma, um prolongamento das regulações orgânicas. Através da experiência física, isto é, das ações materiais, o sujeito pode coordenar as ações exercidas sobre os objetos. Ele precisa saber o que fazer para prosseguir seu trabalho. As atividades devem ser formadas em ações que sejam realizadas na ordem correta, no tempo certo e cumprindo suas restrições. Um exemplo em nosso cotidiano é o de dirigir um automóvel. No início, quando tudo é novidade, devemos assimilar a seqüência de procedimentos para ligarmos o carro e colocá-lo em movimento. Com o passar do tempo e pelas repetidas vezes que nos deslocamos com o automóvel, os processos são “automatizados” e não precisamos mais nos lembrar dos detalhes de cada passo. Simplesmente ligamos o carro, engatamos a marcha e vamos em frente.

Outro tipo é a denominada coordenação conceitual ou lógico-matemática de natureza implicativa, isto é, quando o sujeito estabelece relações entre significações de modo que uma conduz a outra (implicação significativa).

A implicação significativa consiste em reconhecer nos objetos a existência de propriedades qualitativas, significativas para o sujeito, em discernir laços suficientemente constantes entre elas, a fim de permitir a inferência da presença de uma a partir da percepção da outra. (PIAGET, 1995, p. 96).

Assim, uma coordenação inferencial é do tipo conceitual e diz respeito ao período operatório do sujeito, significando a coordenação de premissas que permitem chegar a uma conclusão. É um processo interno. Revelam-se na ação, no plano das coordenações de ações no mundo do sujeito e não em uma formalização. Uma generalização de todas as antecipações anteriores é a “coordenação das coordenações”, o que seria uma “grande coordenação inferencial”. Desse modo, a assimilação recíproca dos esquemas leva às coordenações de ações, que podem levar às coordenações inferenciais, permitindo coordenações transitivas, ou

seja, de trocar as peças de uma torre para outra, no exemplo da Torre de Hanói⁵, justamente porque possibilitam antecipar e concluir o resultado a que se chegará.

Logo, as coordenações inferenciais são conexões não constatadas, mas deduzidas por composição operatória. Elas ultrapassam o campo dos dados de observação. Desse modo, os dados de observação podem ser fornecidos tanto pelos objetos quanto pelas ações do sujeito sobre eles, ao passo que uma coordenação inferencial, mesmo aplicada ou atribuída aos objetos, só pode ter como fonte a lógica do sujeito, isto é, a que ele extrai das coordenações de suas próprias ações.

Uma arquitetura pedagógica, que oriente o estudante nas atividades experimentais de Química, deve permitir que as coordenações das ações empíricas levem a uma sequência de tomadas de consciência que podem culminar com as coordenações conceituais do sujeito, ou seja, saber como ocorre, saber explicar os motivos da ocorrência e reconhecer que sabe, enfim, “Fazer e Compreender”.

2.1.3 A Equilibração das Estruturas Cognitivas

Durante o processo de tomada de consciência vão ocorrendo diversas equilibrações decorrentes das assimilações e acomodações. Isso ocorre até que, em um determinado momento, o sujeito tenha uma tomada de consciência, durante o processo, e que lhe permita a reflexão do fazer e compreender, culminando com a elaboração de uma conceituação, onde é evidenciada uma equilibração denominada, por Piaget, de “Equilibração Majorante⁶”, que apresenta características mais complexas que as anteriores.

A equilibração não é um processo linear. No sistema de equilibração, os desequilíbrios são as fontes de progresso do desenvolvimento do conhecimento, pois os desequilíbrios obrigam o sujeito ultrapassar o estado atual a procura de novas direções. Esse processo de equilíbrio é dinâmico e acontece em cada situação onde o sujeito tem alterados os seus sistemas de noções ou de operações pela introdução de novos elementos advindos da interação, da perturbação da hierarquia de seus esquemas e subsistemas ou de novos processos de diferenciação e integração em sua estrutura cognitiva.

⁵ A Torre de Hanói é um dispositivo que possui uma base contendo três pinos, onde em um deles, são dispostos discos uns sobre os outros, em ordem crescente de diâmetro, de cima para baixo. Ver Piaget, 1978a, pág. 172.

As reações do sujeito frente às perturbações em sua estrutura cognitiva são denominadas por Piaget de “regulações”. Quando o sujeito refaz certo procedimento experimental com as novas assimilações e acomodações advindas dos resultados do primeiro procedimento se pode inferir que o mesmo realizou uma regulação. Essa pode ser no sentido de corrigir algum dos procedimentos inicialmente utilizados (*feedback* negativo) ou de reforçar outros procedimentos adotados (*feedback* positivo), mesmo que esses não sejam os corretos. As regulações podem levar às “compensações”, ou seja, ações no sentido contrário a certo efeito vivenciado pelo sujeito para que o mesmo seja anulado ou neutralizado. Assim, para Piaget (1976), os *feedbacks* negativos atuam como instrumentos de correção nos processos cognitivos e conduzem às compensações. Essas podem ser de dois tipos: a compensação por inversão, que anula a perturbação, e a compensação por reciprocidade, que diferencia o esquema do sujeito para acomodar o elemento inicialmente perturbador.

Desse modo, a idéia de regulação refere-se a uma autocorreção dos erros ou compensações ativas do sujeito, visando o equilíbrio cognitivo. É um aspecto integrador. A regulação possibilita ao sujeito fazer tentativas inovadoras, buscando diferenciar ou superar uma regulação sensório-motora ou automática, ou seja, ações sem intervenção ativa do pensamento e que o sujeito só consegue descrevê-la depois de sua realização e não é suficiente para promover uma tomada de consciência.

Além das regulações automáticas, Piaget destaca as regulações ativas ou ações com intervenção do pensamento e dos juízos, as quais podem colaborar, então, para uma tomada de consciência. Depois de muitas equilibrações eu consigo ter uma equilibração majorante, ou melhor, uma equilibração mais qualificada.

Assim, as regulações são as compensações parciais, conseqüência das descentrações⁷, e próximas da reversibilidade, com o intuito de moderar/corrigir possíveis assimilações deformantes (centrações), permitindo a assimilação operatória.

⁶ Equilibração Majorante constitui um processo de ultrapassagem e de estabilização, reunindo de maneira indissociável as construções e as compensações no interior dos ciclos funcionais do sujeito. (PIAGET, 1976, pág. 43).

⁷ Ocorre quando um sujeito amplia os esquemas de ações de si próprio ao comparar com os esquemas de ações de outros sujeitos, tomando consciência de como ocorrem as verdadeiras operações de um determinado processo.

2.1.4 Abstração Reflexionante

Antes de definir a abstração reflexionante é necessário descrever o que é a abstração empírica, ou seja, o processo de extrair certas propriedades, características ou fatos dos objetos em si, bem como das ações do sujeito em suas características materiais, apoiando-se sobre os observáveis para analisá-los de modo independente. Este conhecimento limita-se em abstrair os aspectos básicos dos objetos: forma, cor, peso, textura, entre outras propriedades, e das ações como eventos materiais: olhar alguém trabalhando, ver ou ouvir alguém cantando, assistir os fenômenos presentes em atividades experimentais, etc.

Designaremos por ‘abstração empírica’ (*empirique*) a que se apóia sobre os objetos físicos ou sobre os aspectos materiais da própria ação, tais como movimentos, empurrões, etc. Observemos desde logo que, mesmo sobre suas formas mais elementares, este tipo de abstração não poderia consistir em puras ‘leituras’, pois para abstrair a partir de um objeto qualquer propriedade, como seu peso ou a sua cor, é necessário utilizar de saída instrumentos de assimilação (estabelecimento de relações, significações, etc.), oriundos de ‘esquemas’ (*schèmes*) sensório-motores ou conceptuais não fornecidos por esse objeto, porém, construídos anteriormente pelo sujeito. (PIAGET, 1995, p.5).

Entretanto, toda abstração empírica necessita, para se efetivar, de quadros de conhecimentos que foram criados graças a uma abstração reflexionante prévia. Por exemplo, não se podem reconhecer as cores a não ser estabelecendo-se categorias e uma seriação de impressões dadas pelos comprimentos de ondas variadas dos objetos percebidos. Categorização e seriação não foram tiradas da realidade por abstração empírica. Elas foram estabelecidas por abstrações lógico-matemáticas obtidas pelas coordenações das ações do sujeito e não das propriedades dos objetos.

“A ‘abstração reflexionante’ (*réfléchissante*), ao contrário, apóia-se sobre tais formas sobre todas as atividades cognitivas do sujeito (esquemas ou coordenações de ações, operações, estruturas, etc.), para delas retirar certos caracteres e utilizá-los para outras finalidade (novas adaptações, novos problemas, etc.).” (PIAGET, 1995, p. 6)

Becker (2001), baseado em Piaget, aponta que a abstração reflexionante pode apresentar-se em dois patamares distintos. Um deles pode ser denominado de “abstração pseudo-empírica” (*pseudo-empiriques*), ou seja, a abstração reflexionante pela qual se retira dos observáveis do objeto não as suas características e propriedades, mas o que o sujeito colocou neles a partir de sua estrutura cognitiva. São as abstrações reflexionantes do sujeito em interação com o objeto, ou seja, como se tratassem de abstrações empíricas, mas sendo as propriedades constatadas no objeto, fruto dos esquemas de ações do sujeito.

O patamar mais elevado da abstração reflexionante decorre do pensamento reflexivo do sujeito (abstração refletida ou *réfléchie*), ou seja, uma reflexão sobre a reflexão a partir de sucessivas coordenações inferenciais e do pensamento lógico-matemático, que permitem a ele ligar e interpretar os dados de observação (em constante interação sujeito-objeto) na construção dos conceitos.

Desse modo, o conhecimento é concebido como uma construção, a qual ocorre por meio de abstrações reflexionantes, fruto das reorganizações de construções anteriores, a partir de novos reflexionamentos - coordenações de ações, que são elevadas a novos patamares e, aí, reconstruídas por reflexão.

Em síntese, Montangero e Naville (1998), com base em Piaget, afirmam:

A abstração reflexionante é um processo de formação de conhecimentos de natureza endógena. Ele conduz à construção de novas formas de conhecimento, tirando-as de saberes ou saber-fazer que o sujeito já possuía. Podem-se distinguir três tempos nesse processo: primeiramente a abstração propriamente dita, que consiste em apreender certos modos de organização dos conhecimentos do sujeito; depois, o reflexionamento, que torna a projetar o que foi abstraído em um plano de conhecimento superior; enfim, a reflexão ou reconstrução em um novo plano. (MONTANGERO e NAVILLE, 1998, p. 92).

2.2 Objetos Digitais Interativos⁸

O emprego de objetos, no sentido da Epistemologia Genética, no campo das ciências em geral e, em específico, no das exatas, permite uma maior compreensão dos fenômenos quando o aprendiz encontra algo de novo que perturba o equilíbrio de suas estruturas cognitivas na interação. Essa provocação, quando adequada, o faz reagir, utilizando seus esquemas conceituais, acomodando-os ao que é diferente para assimilar as novidades. Quanto mais consciente for essa operação, maior será o grau de transformação de suas estruturas cognitivas. Conhecimento com maior extensão exige maior generalização, numa tentativa contínua de manter a unidade da estrutura (vista aqui como integração). Esta mesma dinâmica pode ser observada no desenvolvimento das ciências, enquanto busca novas relações causais, generalização mais ampla e leis físicas mais abrangentes, num trabalho contínuo de reconstrução do antigo.

⁸ Esse texto é parte integrante do artigo *ODAI - Objetos Digitais para Aprendizagem Interacionista*. Apresentado no XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - Brasília, 2006, conforme citação completa nas referências, onde o autor desta proposta também é um dos autores desse artigo.

Os objetos digitais podem não oferecer percepções sensoriais diretas por meio dos sentidos. Sabe-se que a sensação é de natureza simbólica e atua principalmente nos estágios elementares da formação dos conhecimentos. Porém, necessita da atuação do sujeito (percepção) para, a partir das qualidades do objeto, retirar as suas relações causais (propriedades). Em um ambiente virtual, a distinção entre sensação e percepção deve estar muito clara, posto que sem ela, não será possível conceber as interações tridimensionais.

No entanto, a ação isolada não garante o conhecimento. Um objeto pode levar à aquisição de conhecimento se o mesmo orientar às diversas possibilidades de interação e à generalização das ações, ou seja, aumentar a extensão do conceito ao mesmo tempo em que aumenta sua compreensão, possibilitando, a partir daí, a transposição do conhecimento a outras situações. A percepção nunca atua sozinha e se descobrimos as propriedades do objeto é por acrescentar algo à percepção.

Desta forma, é preciso verificar se um objeto, apesar de “sensibilizar adequadamente o aprendiz”, não se torna inócuo, incapaz de transformar estruturas cognitivas. Uma visão pouco abrangente de aprendizagem considera as mudanças cognitivas oriundas diretamente da percepção. Possivelmente seja esta a razão pela qual qualquer meio que promova a comunicação com o sujeito é chamado de objeto de aprendizagem.

Um objeto, para ser assimilado, deve provocar perturbações no sistema de significação do sujeito, ou dito em linguagem popular, deve “fazer sentido” para ele. Assim, podemos analisar um objeto digital interativo sob duas abordagens complementares. Uma primeira, enquanto produto de conhecimento; ao ser capaz de disponibilizar possibilidade crescente de interação, viabiliza as condições necessárias à tomada de consciência, seja de conceitos técnicos, onde predominam o pensamento lógico axiomático, seja de caráter humano, com predominância do pensamento social-afetivo.

Uma segunda abordagem, mais analítica, buscaria na interação objeto-aprendiz, um acompanhamento dos processos cognitivos em desenvolvimento durante a interação, através do registro de suas interações com o objeto.

Logo, a produção de modelos e de objetos digitais em ambientes virtuais como o *Squeak-Etoys*, irá proporcionar ao aprendiz um crescente desenvolvimento dos processos cognitivos na construção de determinados conceitos, assim como permitirá a constante reflexão, lógico-matemática, na coordenação de seus esquemas de ações.

2.3 As Implicações Significantes

Como descrito na página 24, Piaget (1995), as implicações significantes são relações entre significações do esquema cognitivo do sujeito de modo que uma delas conduz a outra.

Em Montangero e Naville (1998), Piaget é citado afirmando que

Pode-se (...) distinguir graus nessas significações, dependendo delas permanecerem '*locais*' enquanto relativas a dados limitados ou contextos particulares, ou se tornarem '*sistêmicas*' enquanto preparam a construção de estruturas, ou, finalmente, '*estruturais*' enquanto tratam das composições internas de estruturas já constituídas. (PIAGET apud MONTANGERO e NAVILLE, 1998, p. 198).

Nessa pesquisa, as implicações significantes serão analisadas a partir dos mapas conceituais como apresentado por DUTRA (2006) em sua tese de doutorado. Em sua proposta, além de outros aspectos cognitivos, o autor aponta para os três tipos de implicações referenciadas por Piaget, ou seja, a local, a sistêmica e a estrutural. A primeira é fruto de uma observação direta, isto é caracteriza o objeto, mas não amplia o conhecimento sobre o mesmo. Por exemplo, na reação de um indicador com uma solução do ácido X, o sujeito verifica que o sistema adquire uma coloração Y, contudo sem ampliar a idéia que a coloração Y é comum para qualquer solução ácida com o mesmo pH⁹.

A segunda implicação insere as primeiras em um sistema de relações que começa a se estabelecer, onde generalizações e caracterizações não dependem apenas das propriedades do objeto, mas do sistema de significação do sujeito. Como exemplo, pode-se dizer que o sujeito que conhece as características de um meio ácido ou alcalino, poderá inferir sobre o valor do pH desse meio sem a necessidade de medição, pois via implicação sistêmica, saberá a relação meio/valor de pH.

A implicação estrutural amplia as anteriores e os “porquês” e, assim, as razões para o estabelecimento das relações lógicas entre os conceitos que aparecem nos mapas podem ser observadas. Conceitos químicos podem ser estabelecidos por implicações estruturais. Assim, um sujeito constrói o seu conceito de indicadores ácido-básico a partir de implicações locais e sistêmicas em seus esquemas de significações e de ações e, de maneira estruturada, poderá afirmar que certas substâncias quando em meio ácido ou básico adquirem colorações

⁹ O pH é uma medida para verificar se um meio é ácido (valor de pH menor que 7) ou se é básico ou alcalino (valor de pH maior que 7). Vale lembrar que um meio que apresente pH com valor igual 7 é considerado neutro.

características, pois suas estruturas moleculares são alteradas nesse meio devido à presença de íons H^+ ou HO^- .

As implicações observadas a partir dos mapas conceituais podem servir para a avaliação do processo de construção dos conceitos por parte do sujeito e levar a compreensão de como ele coordena as suas ações e seus sistemas de significações.

2.4 O Ambiente *Squeak-Etoys*

É possível considerar os *Etoys*¹⁰ como os ambientes computacionais que ajudam as pessoas a aprender sobre idéias, construindo e brincando com elas. Eles ajudam os usuários, normalmente as crianças, na criação de modelos computacionais para suas idéias e oferecem pistas de como elas podem ser expandidas. Uma grande motivação para os *Etoys* seria o fazer para saber e não apenas para ter. Outra motivação que pode ser aplicada é a de fazer com imagens, criando símbolos (representações). Um dos autores desse ambiente, Alan Kay, aponta para um estilo de aprendizagem denominada de “*kinesthetic learning*”, onde a aprendizagem do aluno se dá por meio de uma atividade física ou da construção de simulações virtuais, em vez de ouvir uma aula expositiva ou simplesmente assistir a uma demonstração. Suas idéias tiveram fortes influências das obras e trabalhos de Seymour Papert¹¹ durante sua vida acadêmica no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Não há, ainda, provas consistentes da eficácia desse tipo de aprendizagem, o que torna essa pesquisa interessante e relevante na investigação dos processos de aprendizagem dos fenômenos químicos, principalmente por se tratar de uma área onde as explicações para tais fenômenos são geralmente baseadas em modelos e abstrações reflexionantes.

O ambiente *Squeak-Etoys* não aconteceu por si só. Deve-se ao produto de anos de trabalho de um pequeno núcleo de “*Squeakers*” (denominação dada aos usuários desse ambiente). Três membros desse grupo, Alan Kay, Dan Ingalls e Ted Kaehler, conheceram-se na *Palo Alto Research Center (PARC)* da *Xerox Company* no início dos anos 70 e, com

¹⁰ *Etoys* do inglês *eletronic toys*. Na tradução literal seriam “brinquedos eletrônicos”. Termo utilizado por Alan Kay para designar projetos desenvolvidos em ambientes de aprendizagem construtivista, tal como o *Squeak-Etoys*, baseado na programação computacional em Smalltalk-80 desenvolvida pela Apple Computer. Ver www.etoysbrasil.org.

¹¹ Seymour Papert é matemático sul-africano e renomado educador do MIT. Defende a idéia do uso do computador como auxiliar na construção do conhecimento, utilizando as idéias construtivistas de Jean Piaget. Autor de livros como “Logo; computadores e Educação” e “A Máquina das Crianças: Repensando a escola na era da informática”.

alguns intervalos de tempo, trabalharam juntos nos anos seguintes na *Apple*, na *Disney* e na *HP*.



Figura 2 – Alan Kay e alguns de seus colegas pesquisadores.

Segundo Kay, a verdadeira revolução educacional ainda não começou. Eles imaginam uma escola que revolucione o aprendizado, que possa ser um lugar onde os professores não sejam apenas os provedores da informação, mas que possa trazer a maturidade e a perspectiva da cidadania, necessárias à formação eficaz. Proclamam mudanças radicais no modelo educacional, que permitam agregações multi e interdisciplinares flexíveis, rompendo com uma tendência ao constante condicionamento baseado em estruturas passadas e comprovadamente ineficazes. Movidos pela vontade de transformar as maneiras de fazer a educação, apresentam o *Squeak-Etoys* como uma ferramenta capaz de levar às crianças a pensarem no “aprendendo a aprender”, produzindo e elaborando seus próprios objetos digitais de maneira construtiva e colaborativa. Assim, consideram esse ambiente como participante inequívoco desse processo.

Atualmente, o ambiente *Squeak-Etoys* faz parte das ferramentas de autoria disponíveis no *laptop XO* do programa OLPC (*One Laptop Per Child*) desenvolvido por uma associação sem fins lucrativos, fundada e presidida por Nicolas Negroponte (autor do *best-sellers* “Vida Digital” de 1995). Ele foi co-fundador e diretor do *MIT Media Laboratory*, estando atualmente afastado desta instituição. No Brasil, esse programa recebeu o nome de Projeto UCA (Um computador por Aluno). Um de seus pólos de pesquisa encontra-se em Porto Alegre, na Escola Estadual de Ensino Fundamental Luciana de Abreu, sendo coordenado pela Prof. Dra. Léa da Cruz Fagundes e a equipe do Laboratório de Estudos Cognitivos do Instituto de Psicologia da UFRGS.

Existe uma página disponível na Internet no endereço <http://etoysbrasil.org>, que apresenta vários projetos, artigos e informações sobre o ambiente *Squeak-Etoys*. Nela também é possível baixar gratuitamente o programa instalador do ambiente disponível para vários sistemas operacionais.

2.4.1 Algumas Funcionalidades do Ambiente *Squeak-Etoys*

O ambiente *Squeak-Etoys* permite ao usuário, desde as séries iniciais do Ensino Fundamental até a série final do Ensino Médio, o uso de suas funcionalidades de acordo com a estrutura cognitiva desse usuário. Mesmo aqueles que estejam, ainda, no nível sensório-motor, segundo a classificação de Piaget, podem fazer uso de algumas funções básicas para permitir a alfabetização e a construção de alguns conceitos iniciais. Aprendizazes que estejam em estágio operatório-concreto podem iniciar modelos simplificados para verificar fenômenos físicos como, por exemplo, determinar a velocidade média de um objeto. Estudantes que estejam no Ensino Médio, fazendo sua transição para o estágio formal, poderão, por exemplo, apresentar modelos para as reações entre moléculas de substâncias nas aulas de Química e Biologia.

O ambiente *Squeak-Etoys* apresenta uma tela inicial denominada de “mundo” onde o estudante poderá criar seus “objetos” (desenhos, figuras, imagens, etc.) e que poderão ser animadas. O resultado será um projeto (um *Etoy*). A figura 3 apresenta a tela inicial do ambiente na versão *Etoys 3.0, build 2177, 5-Jan-2009 (EtoysInstaller.exe)*, disponível na *Internet*¹² para *Windows*. A tela cinza representa o mundo. Na aba superior, de cor verde, estão localizadas as ferramentas para a construção dos projetos. O “mundo” e as barras de ferramentas poderão variar, visualmente, conforme a versão do *plugin*.

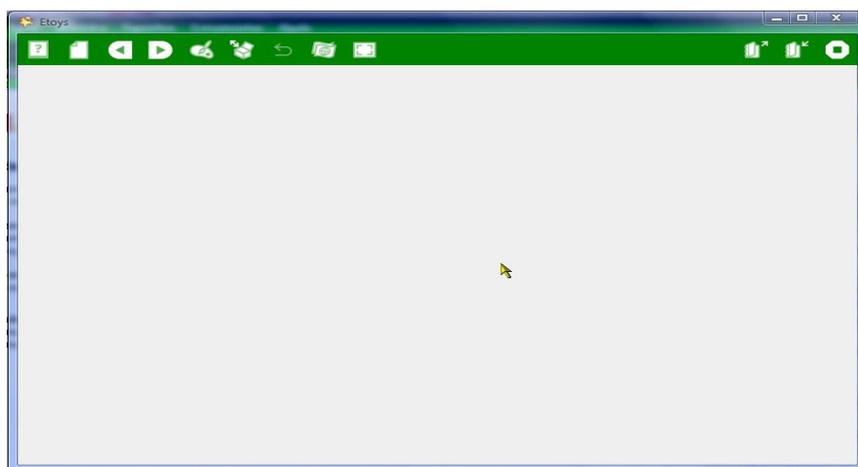


Figura 3 – Tela inicial do ambiente *Squeak* na versão *Etoys 3.0, build 2177, 5-Jan-2009*.

¹² Disponível em <http://squeakland.org/download/>.

Na aba superior encontramos os ícones apresentados na Figura 4 que servem para acessar as ferramentas básicas do *Squeak-Etoys*.



Figura 4 – Ferramentas da aba do navegador do *Squeak*.

O ícone 1 serve para solicitar ajuda com o ambiente. O ícone 2 abre um novo projeto no *Squeak-Etoys*. Os ícones 3 e 4 são para retroceder e avançar nos projetos em edição. O ícone 5 abre a ferramenta de desenho. O ícone 6 é a “caixa de suprimentos” que comporta várias funcionalidades previamente elaboradas para edição. O ícone 7 desfaz a última edição e é importante para recuperar um projeto que foi apagado por engano. O ícone 8 é a ferramenta que permite apresentar o *Squeak-Etoys* em várias linguagens, incluído o Português. O ícone 9 permite ajustar a tela à configuração de vídeo do computador. O ícone 10 serve para buscar projetos salvos anteriormente. O ícone 11 serve para salvar os projetos elaborados em uma pasta “etoys”, previamente criada na raiz do diretório do computador, quando da instalação do ambiente digital. E por fim, o ícone 12 serve para sair do ambiente.

Ao clicar no ícone suprimentos (item 6 da figura 4) será apresentada a tela como mostrada na figura 5, onde uma série de objetos e ferramentas úteis poderão ser utilizadas na elaboração dos projetos. Para utilizá-los, basta clicar sobre os mesmos e arrastá-los para o mundo.



Figura 5 – Ferramentas da aba dos suprimentos do *Squeak-Etoys*.

No catálogo de objetos podem ser encontradas várias ferramentas para construção de gráficos, organogramas, gravação e reprodução de sons e imagens, bem como alguns jogos tradicionais, como xadrez, tetris, *freecell*, minas, entre outros. A figura 6 apresenta algumas dessas telas com as ferramentas disponíveis.

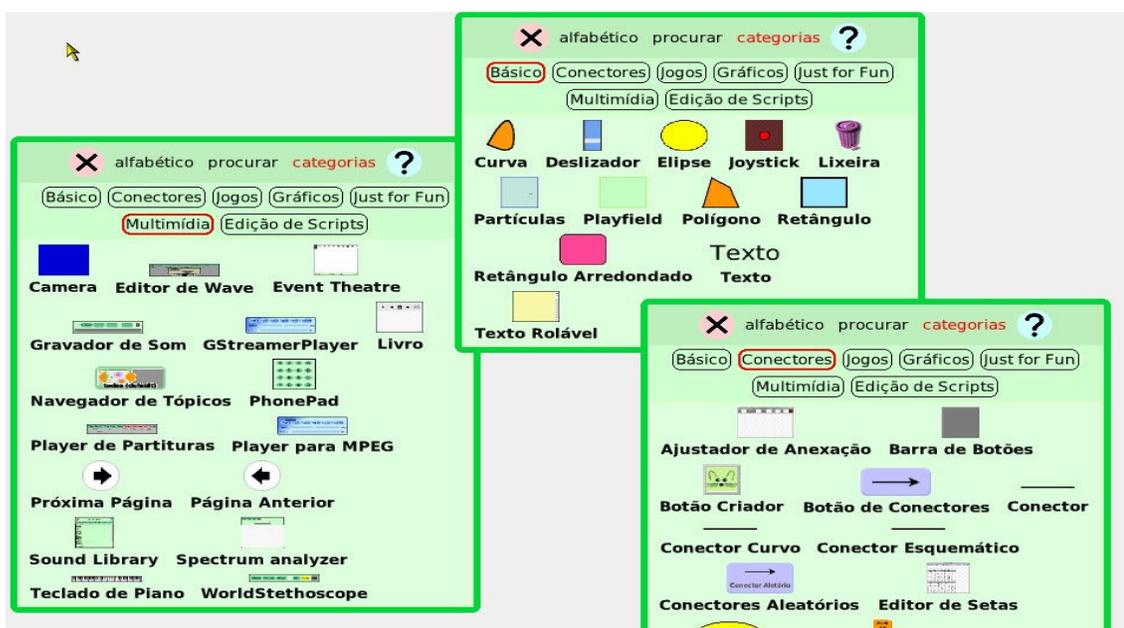


Figura 6 – Ferramentas do catálogo de objetos do *Squeak-Etoys*.

A ferramenta de desenho e pintura (ícone 5 da figura 4) serve para criar formas e desenhos, bem como para colori-los. A figura 7 mostra as funcionalidades da ferramenta pincel.

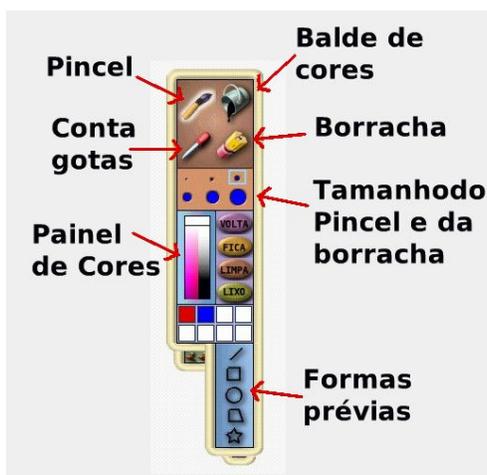


Figura 7 – Funcionalidades da ferramenta pincel do *Squeak-Etoys*.

Cada desenho ou figura adicionada ao “mundo” do *Squeak-Etoys* é denominado de objeto e poderá ser editado e/ou animado quando se clica o botão de rolamento do mouse ou o botão direito junto com tecla “alt”. Os botões de edição/modificação do objeto aparecem conforme mostra a figura 8. Os ícones ao redor do objeto permitem aumentar, duplicar, girar,

deslocar, repintar e criar os “*scripts*” para animar e programar as ações do objeto no “mundo”.
Passando o cursor sobre os botões podem-se ler as funções de cada um deles.



Figura 8 – Visualizador do objeto no *Squeak-Edtoys*.

A seguir, é apresentada uma rápida descrição de cada botão de edição do objeto.

 Botão para girar o objeto. Clicando e mantendo o botão esquerdo do mouse pode-se girar o objeto em até 360 °.

 Botão para criar um mosaico para o objeto e utilizá-lo nos *scripts*.

 Botão que abre o visualizador para o objeto e permite editar os *scripts*.

 Botão para minimizar o objeto.

 Botão para excluir o objeto (lixeira).

 Abre o menu completo de edição.

 Segura o objeto (movimento).

 Arrasta o objeto.

 Duplica o objeto.

 Redesenha, repinta, modifica o objeto.

 Redimensiona o objeto. Clicando junto com tecla “shift”, pode-se aumentar ou diminuir mantendo as proporções do objeto.

A funcionalidade mais interessante no *Squeak-Etoys* é o visualizador dos *scripts*, mostrado na figura 9.



Figura 9 – *Scripts* do visualizador do objeto no *Squeak-Etoys*.

Os *scripts* permitem criar animações, sons e programar o que o objeto irá executar no “mundo”. Há vários *scripts*, pré-formatados, que podem ser utilizados para fazer o objeto avançar, girar, deixar rastros, aparecer, esconder, disparar *scripts* de outros objetos, entre outras tantas possibilidades de interações entre os objetos presentes no “mundo”. Para compreender e aplicar todas as funcionalidades do ambiente *Squeak-Etoys* é necessário interagir com o mesmo em um processo de médio e longo prazo. Esta seção da presente proposta buscou apenas familiarizar o leitor com algumas das possibilidades desse ambiente digital de autoria.

Ao jovem aprendiz que deseja criar um modelo digital para testar suas hipóteses ou para descrever o comportamento de determinado fenômeno, o ambiente *Squeak-Etoys* oferece uma variedade de opções para programar e representar seus conceitos e idéias. Um projeto criado no *Squeak-Etoys* poderá servir para que o professor possa compreender o que o sujeito construiu, em sua estrutura cognitiva e em seus esquemas de ações, buscando orientar para possíveis reformulações de assimilações deformantes construídas no processo de sua aprendizagem. A modelagem digital de um experimento permite a formalização e a abertura de novos caminhos para a compreensão dos fatos. Becker (2001) ressalta que, para Piaget, o

rigor intelectual é sempre exercido nas dimensões da formalização e da experimentação e que elas devem constituir-se em objetivos a serem buscados no cotidiano escolar.

Desse modo, acredita-se que o trabalho dos aprendizes no ambiente *Squeak--Etoys*, mesmo de maneira virtual, permite um processo de aprendizagem com certo rigor intelectual, partido das ações operatórias e chegando à formalização e à compreensão dos conceitos.

O interacionismo radical da epistemologia genética não convive com qualquer compreensão na linha do *laisser-fair*, porque experimentação e formalização não têm nada de espontaneísmo. São, ao contrário, ações cada vez mais complexas e de intencionalidade cada vez mais específica. (BECKER, 2001, p. 97).

3. Técnicas e Métodos

3.1 Introdução

Atividades experimentais que envolvem conceitos químicos têm sido pouco efetivadas em escolas, especialmente as públicas, devido ao elevado custo das instalações e laboratórios, a pouca disponibilidade de reagentes, assim como a aquisição de equipamentos e reagentes químicos necessários a sua realização. A produção de vídeos e simulações, utilizando as atuais tecnologias disponíveis de informação e comunicação, pode minimizar a falta desses recursos e colocar, à disposição dos professores, a possibilidade de evidenciar os fenômenos químicos, mesmo que de maneira virtual.

Se preparados com uma arquitetura pedagógica (AP) adequada ao processo de construção dos conceitos químicos, os vídeos e os modelos digitais poderão preencher a lacuna da falta de um real laboratório de atividades práticas. Essa arquitetura é adaptada a partir de uma seqüência metodológica baseada na Epistemologia Genética de Jean Piaget. Realizada pelos alunos e orientada pelo professor, essa AP poderá ser adaptada e aplicada com outros estudantes e pode permitir que estes, embora vivenciando de forma virtual, possam adquirir os conceitos químicos e construir seus sistemas de significações para compreender os fenômenos apresentados. Não se pretende, com isso, abolir a atividade experimental em laboratórios de práticas, que permitem as abstrações empíricas necessárias ao processo de construção dos conceitos. Por outro lado, a visualização dos fenômenos via demonstrações ou vídeos, poderiam permitir aos alunos a realização de abstrações pseudo-empíricas, igualmente necessárias a esse processo de construção conceitual.

Como se sabe, a prática pedagógica em Química se faz pelas interações e trocas de experiências entre docentes e estudantes em um processo contínuo de aprendizagem.

Assim, com o crescente investimento em equipamentos de informática, tanto pelas escolas como pelas famílias dos estudantes, é necessário ampliar as possibilidades de uso das TIC's em nosso fazer pedagógico. Devemos buscar alternativas aos *softwares* e objetos

digitais prontos e pouco interativos que não oferecem aos alunos a possibilidade de testarem suas hipóteses, manipularem variáveis, criarem novas operações e coordenações de ações com os objetos, buscando novos caminhos para a solução do problema. Com programas onde o aluno apenas acrescenta valores para variáveis pré-estabelecidas, observando o resultado final, estaremos reproduzindo, digitalmente, a velha receita de transmitir conceitos prontos ao invés de permitir que sejam construídos pelo sujeito. Com o uso de ambientes computacionais de autoria, como o *Squeak-Etoys*, poderemos possibilitar aos estudantes a oportunidade de produzirem seus objetos digitais de aprendizagem. A produção de vídeos e de modelos digitais, utilizando ferramentas e *softwares* disponíveis na escola, permitirá ao professor verificar de que modo o aprendiz acomodou os conceitos químicos em sua estrutura cognitiva. Tais produções poderão, ainda, serem disponibilizadas na *Web* para que outros estudantes possam utilizá-las e modificá-las em seus processos de aprendizagem.

A tarefa de melhorar nosso sistema educacional, dinâmico e complexo, exige atuação em múltiplas dimensões e decisões fundamentadas, seguras e criativas. De um lado, há melhorias institucionais, que atingem instalações físicas e recursos materiais e humanos, tornando as escolas e organizações educacionais mais adequadas para o desempenho dos papéis que lhes cabem. De outro, há melhorias nas condições de atendimento às novas gerações, traduzidas por adequação nos Currículos e nos recursos para seu desenvolvimento, num nível tal que provoquem ganhos substanciais na aprendizagem dos estudantes. (FAGUNDES, SATO e MAÇADA)¹³

Para esta pesquisa foi construída uma arquitetura pedagógica baseada no construtivismo piagetiano, onde as interações entre os aprendizes e as produções experimentais virtuais possam permitir tomadas de consciência, bem como abstrações refletidas sobre os fenômenos químicos estudados.

Como estratégia de pesquisa mais adequada ao trabalho proposto escolheu-se o “Estudo de Caso”, pois segundo Yin (2001)

[...] é a estratégia escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, mas quando não se podem manipular comportamentos relevantes. O estudo de caso conta com muitas das estratégias utilizadas pelas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências que usualmente não são incluídas no repertório de um historiador: observação direta e série sistemática de entrevistas. (Yin, 2001, pág.27).

¹³ Documento eletrônico disponível em <http://mathematikos.psico.ufrgs.br/textos/aprender.pdf>

O processo de aprendizagem dos sujeitos ocorre em determinado tempo, que pode variar de pessoa a pessoa, e com uma sequência de eventos e interações. Desse modo, é importante coletar dados e evidências por meio de recursos como registros em relatórios, hipertextos, blogs, etc., por parte do sujeito da pesquisa, bem como os registros de observações, entrevistas e análises dos dados pelo pesquisador.

Ainda citando Yin (2001), o autor aponta o estudo de caso como uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, baseando-se em várias fontes de evidências e beneficiando-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e análise dos dados.

Assim, esta pesquisa se enquadra às estratégias de um estudo de caso, pois parte de um plano de atividades que pretendem coletar dados a partir de questões iniciais e analisá-los de modo a buscar conclusões (respostas) sobre o fenômeno estudado.

No quadro1, na página seguinte, é apresentado um resumo das atividades desenvolvidas nessa pesquisa.

Quadro 1: Roteiro para atividades e análises dos dados coletados.

Questões de Pesquisa	Atividades Realizadas	Resultados Previstos	Indicadores para Análise dos Resultados
<p>Como uma arquitetura pedagógica, elaborada com a produção de vídeos e modelos de experimentos químicos em ambiente digital, pelos alunos, pode contribuir na construção de conceitos em Química e quais mecanismos cognitivos apontados pela Epistemologia Genética estão envolvidos no processo dessas produções?</p>	<p>a) Atividades experimentais desencadeadoras do processo de construção de conceitos Químicos. b) Produção de vídeos. c) Construção de modelos digitais no ambiente Squeak-Etoys.</p>	<p>a) Registros dos dados coletados em relatórios digitais e em blogs. b) Vídeos produzidos pelos sujeitos da pesquisa utilizando o Windows Movie Maker. c) Projetos e modelos virtuais dos experimentos elaborados no ambiente Squeak-Etoys.</p>	<p>Modelo de análise de implicações significantes conforme Dutra 2006: Implicações locais, sistêmicas e estruturais.</p>
<p>Como os recursos digitais interativos podem ativar os mecanismos cognitivos para melhorar o processo de aprendizagem?</p>	<p>a) Construção de Mapas Conceituais e entrevistas clínicas (método piagetiano) sobre as versões dos mapas. b) Análise dos vídeos e modelos digitais de maneira conjunta com os sujeitos da pesquisa.</p>	<p>Registros digitais da produção dos sujeitos: relatórios digitais, postagens nos blogs, vídeos, modelos virtuais experimentais, entrevistas clínicas, etc.</p>	<p>Identificação e análise dos mecanismos cognitivos da Epistemologia Genética ao longo do processo de construção dos conceitos químicos estudados na pesquisa: Abstrações empíricas, pseudo-empíricas e reflexionantes; Coordenações inferenciais (das ações e dos conceitos); Regulações e compensações; Centrações e decentrações.</p>
<p>Como propor novas estratégias na arquitetura pedagógica para permitir as regulações necessárias ao sujeito no processo de construção dos conceitos químicos?</p>	<p>Análise dos processos e revisão da Arquitetura Pedagógica proposta.</p>	<p>Registros das análises do pesquisador com base nos dados coletados e na Epistemologia Genética.</p>	<p>Ajustes na Arquitetura Pedagógica proposta e novas estratégias de abordagens para intervenção com os alunos durante o processo de construção de conceitos químicos.</p>

3.2 A Arquitetura Pedagógica Construída

Retomando o que foi apresentado anteriormente, entende-se a Arquitetura Pedagógica como um conjunto de estratégias, dinâmicas de grupo, softwares educacionais e ferramentas de apoio à cooperação que possam favorecer a aprendizagem. A AP construída pelo autor da pesquisa busca unir atividades experimentais, produções de vídeos e modelagens em ambiente digital para que os alunos possam representar os conceitos químicos construídos ao longo do processo.

Assim, essa AP apresenta as seguintes etapas de execução:

A. Realização de atividades experimentais com um grupo reduzido de alunos em laboratório de práticas e que servirão para desencadear o processo da construção e produção dos vídeos e modelos digitais. Essa etapa reduz a quantidade de reagentes utilizados e a necessidade de realizar a atividade com vários alunos. Mesmo sabendo-se que a vivência na prática com materiais reais é importante e de grande valia para construção dos conceitos químicos, a vivência virtual tem mostrado que a observação e a análise do processo, por meio de vídeos e modelos digitais, são capazes de construir conceitos. Isso é possível, uma vez que os dados necessários para essa construção podem ser adquiridos pelos alunos na observação do fenômeno apresentado e nas trocas com os colegas e o professor. Assim, os alunos realizam a atividade experimental e registram os dados obtidos em um relatório básico que pode ser disponibilizado em *Web Blog*, *Wiki*¹⁴ ou enviado por correio eletrônico para o professor e colegas.

B. Após uma breve discussão dos resultados obtidos, os alunos produzem uma primeira versão de um mapa conceitual sobre o experimento observado. Para tal, pode-se utilizar o *software CMapTools* ou o ambiente *Squeak-Etoys*. Sabe-se que os recursos do *CMapTools* são melhores que os do *Squeak-Etoys*, no entanto este último requer recursos de hardware mais simples e pode ser instalado em qualquer computador.

C. Os alunos iniciam a elaboração de um vídeo, definindo quais as seqüências de atividades utilizadas para sua produção. Essa seqüência pode ser organizada em uma “sinopse” utilizando a ferramenta “livro” do ambiente *Squeak-Etoys*.

¹⁴ Wiki é um termo de origem havaiana e significa “rápido”. Na internet é um conjunto de páginas escritas de forma colaborativa alterando e acrescentando textos e imagens.

D. Em seguida, são realizadas as filmagens e edições do vídeo, utilizando filmadoras analógicas ou câmeras digitais e programas de edição disponíveis, tais como *Movie Maker*, *Lives*, entre outros. Os vídeos devem vir acompanhados de roteiros para que possam ser explorados por alunos expectadores, obtendo os dados necessários para a compreensão dos conceitos químicos envolvidos. Antes de finalizar o vídeo, uma série de revisões é realizada pelos alunos, tendo o professor como questionador e “desequilibrador” das ações dos alunos, perguntando se outros colegas entenderiam o que ocorre apenas assistindo o filme produzido.

E. Após a apresentação dos vídeos produzidos, uma segunda versão do mapa conceitual é solicitada. Esse passo irá permitir ao professor verificar a evolução do sistema de significação dos alunos a partir dos filmes produzidos. Pode--se utilizar um *Blog* (blogue), um *wiki* ou um relatório digital no *Squeak-Etoys* para a publicação na *Web*.

F. Na sequência, eles devem produzir um modelo digital, utilizando o ambiente *Squeak-Etoys*, que represente o experimento contido no vídeo. Os alunos, sujeitos dessa pesquisa, trabalharam nesse ambiente instalado nos computadores do Colégio de Aplicação da UFRGS. Eles tiveram um tempo para aprender as funcionalidades do programa.

G. Nessa etapa, os alunos devem finalizar e publicar o projeto de modelo digital em um blogue, *wiki* ou em um relatório digital no ambiente *Squeak-Etoys* para apresentar aos colegas e ao professor. A partir dos modelos construídos, podem avaliar novamente o vídeo produzido e propor mudanças, se necessárias.

H. Por último, devem produzir uma terceira versão de mapa conceitual a partir dos modelos digitais produzidos. Uma avaliação do processo vivenciado deve ser realizada de forma individual e/ou coletiva.

Um estudo piloto, para testar essa AP, foi desenvolvido com alunos da segunda série do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS, durante o segundo semestre de 2007, como um oferecimento da proposta de “Enriquecimento Curricular” do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS.

O “Enriquecimento Curricular” é composto por atividades diferenciadas do currículo tradicional, que são oferecidas aos alunos com base na parte diversificada do currículo e prevista nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)¹⁵. Os estudantes podem escolher uma entre as várias atividades oferecidas, que passará a ser

¹⁵ Disponível em <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>

obrigatória em seu currículo. São encontros semanais de 90 minutos durante o semestre. O “Enriquecimento Curricular” oferecido para este estudo piloto foi intitulado por “Produzindo Vídeos e Simulações em Química”.

Com a vivência desse processo e uma primeira análise da evolução dos mapas conceituais foi possível obter informações importantes sobre a construção dos conceitos químicos. Pode-se, assim, modificar as estratégias e as práticas pedagógicas com vistas a aperfeiçoar a arquitetura pedagógica. A partir dos objetos digitais de aprendizagem (vídeos e modelos digitais) construídos pelo grupo de alunos e disponíveis na *Web*, a partir da AP descrita anteriormente, novos dados puderam ser coletados com outros estudantes. Nesse estudo piloto, os sujeitos utilizaram o blogue do Ambiente Açai do Leadcap-UFRGS¹⁶.

Desse modo, foi possível ampliar as análises e verificar como esses objetos digitais de aprendizagem são importantes no processo de construção dos conceitos químicos.

Em geral, os equipamentos necessários para execução desta AP estão disponíveis na maioria das escolas. Computadores ligados na *Internet*, *softwares* de edição e modelagem, câmeras e filmadoras digitais são ferramentas tecnológicas cada vez mais acessíveis aos alunos.

¹⁶ Leadcap é a sigla do Laboratório de Estudos a Distância do Colégio de Aplicação da UFRGS. Para conhecer melhor visite o endereço <http://lead.cap.ufrgs.br/acai>.

Um esquema geral da AP proposta é apresentado na figura 10.

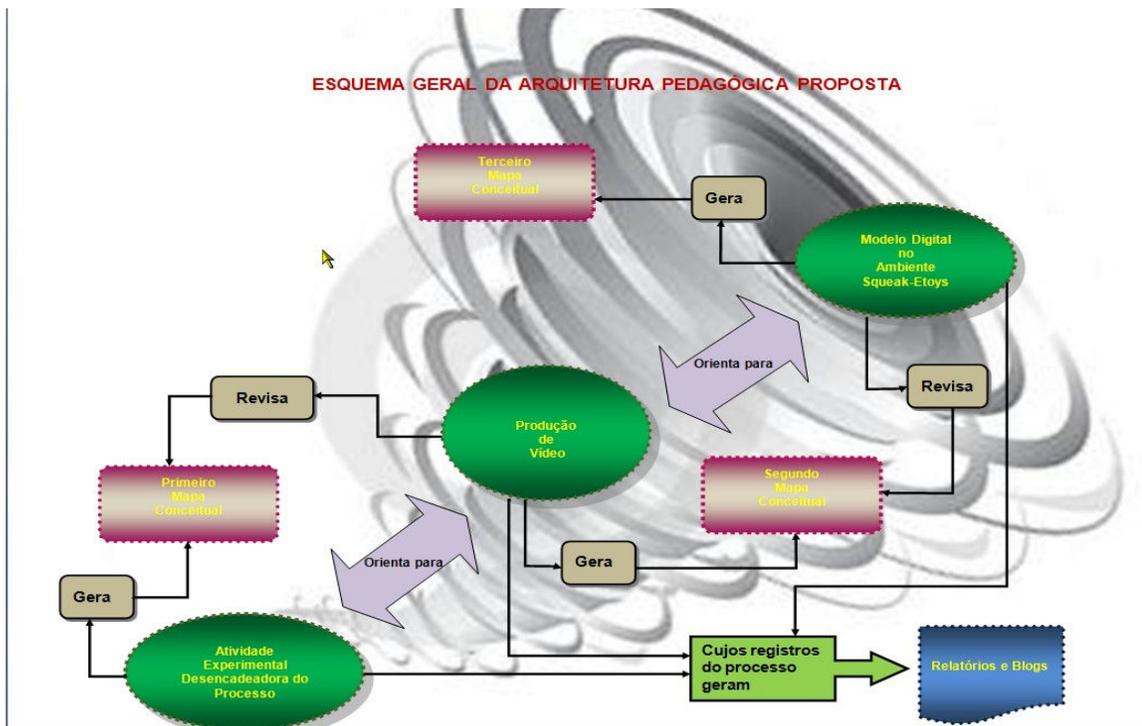


Figura 10 – Esquema Geral da Arquitetura Pedagógica.

O desenho ao fundo do esquema representa a espiral do conhecimento atribuída por Piaget na crescente evolução dos sistemas de significações e esquemas de ações dos sujeitos ao longo do processo de conceituação e após sucessivas abstrações refletidas.

3.2.1 Detalhando os procedimentos da Arquitetura Pedagógica no Estudo Piloto.

Nesse estudo piloto, foram verificados os processos de aprendizagem desenvolvidos por quatro estudantes da segunda série do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS com as características descritas no quadro 2.

Quadro 2: Características dos estudantes do estudo piloto.

Estudante	Sexo	Idade (anos)
[BAL]	masculino	16
[COS]	feminino	15
[ESP]	feminino	16
[VIE]	feminino	16

A partir dos dados coletados nessa fase da pesquisa, alguns resultados parciais foram obtidos e serviram para orientar as modificações na AP e na coleta de dados com novos sujeitos. É importante ressaltar que o estudo piloto foi realizado com a finalidade de observar, além das etapas e estratégias, o uso dos recursos do ambiente digital *Squeak-Etoys*, os recursos materiais e equipamentos de filmagens, a utilização dos softwares de edição e os ambientes virtuais para os registros dos dados coletados. Desse modo, alternativas e formas de encaminhamentos puderam ser consideradas quando da validação da AP e na orientação para uma nova coleta de dados. Como exemplo das constatações observadas no estudo piloto, pode-se verificar que qualquer atividade experimental de Química, que envolva equipamentos manipuláveis de laboratório, serve para desencadear o processo de aprendizagem e a utilização da AP construída para esta pesquisa. Outra constatação foi que a sequência das etapas se mostrou eficaz para a verificação da evolução processual dos sujeitos da pesquisa.

Para essa fase do estudo, duas atividades experimentais desencadeadoras do processo foram escolhidas para testar a arquitetura pedagógica proposta. Uma refere-se a reações de três metais (cobre, zinco e magnésio) com ácido clorídrico em três concentrações (2%, 10% e 30% em volume de solução). Outra relaciona diferentes substâncias, denominadas de “indicadores ácido-básico” (papel tornassol, fenolftaleína e azul de bromotimol), adicionadas em soluções ácidas e básicas. Para esclarecer ao leitor sobre as características e conceitos químicos envolvidos nestes experimentos, cabe lembrar que os ácidos são substâncias químicas que meio aquoso liberam íons hidrogênio (H^+), responsáveis pelas suas propriedades corrosivas. Esta corrosão depende do grau de ionização (número de íons H^+ liberados pelo ácido na presença de água). Assim, as soluções ácidas dependem do tipo de ácido e de sua concentração. Os metais reagem de forma diferenciada com os diferentes tipos de soluções ácidas, permitindo classificá-los em uma série de reatividade dos mais aos menos reativos (metais nobres como o ouro e a platina). Os indicadores químicos são substâncias que apresentam colorações distintas em meio ácido e em meio básico. Servem como formas de identificar estes meios. Como exemplos de indicadores ácido-básicos têm-se aqueles utilizados para verificar o pH (potencial hidrogeniônico – quantifica os íons H^+) nos aquários e piscinas.

A seguir são detalhados os fatos e registros ocorridos em cada etapa do estudo piloto.

A) O uso do Blogue do Ambiente Açaí do Leadcap-UFRGS.

Para o registro das atividades desse estudo piloto foi utilizado o blogue do “Ambiente Açaí” do Laboratório de Estudos a Distância do Colégio de Aplicação (Leadcap). Esse ambiente foi desenvolvido especialmente para o registro de atividades de aprendizagem e pesquisas de professores e alunos da Educação Básica. O ambiente permite compartilhar registros e arquivos entre os sujeitos envolvidos na atividade de pesquisa. Cada membro tem um espaço (blogue) para os registros e o coordenador pode criar uma comunidade que congrega todos os participantes. Estes dados ficam disponíveis na *Web*, permitindo que outras pessoas possam visualizar os dados e informações postadas, enviando comentários e sugestões se assim desejarem. A figura 11 mostra a página inicial do Ambiente Açaí.



Figura 11 – Página inicial do Ambiente Açaí.

B) As Comunidades do Ambiente.

O Ambiente Açaí do Leadcap permite que sejam cadastrados projetos, ações e pesquisas pedagógicas na Educação Básica. O Coordenador do projeto pode criar uma ou mais comunidades, convidando outras pessoas para participarem delas. Os registros na comunidade também são postados como em um blogue e apresentam as postagens na ordem cronológica inversa. Os membros têm a opção de postar apenas em seus blogues ou postar, também, na comunidade. Fotos, imagens, *links* para páginas interessantes na *Web* e arquivos

podem ser anexados nessa comunidade. Assim, os registros de cada encontro presencial foram armazenados e podem ser consultados a qualquer momento.

C) O Uso de Mapas Conceituais¹⁷.

Os mapas conceituais foram utilizados nesse estudo piloto por se tratarem de importantes instrumentos de coleta de dados para a análise do processo de aprendizagem dos alunos. Os mapas apresentam os conceitos que o estudante identifica durante as atividades experimentais, nas produções de vídeos e nos modelos digitais construídos, ligando estes conceitos entre si por proposições que eles julgam adequadas. A partir da análise desses mapas e das entrevistas clínicas será possível identificar mecanismos cognitivos, baseados na teoria piagetiana, envolvidos na construção conceitual dos sujeitos. Espera-se identificar abstrações empíricas, pseudo-empíricas, reflexionantes, coordenações inferenciais, regulações, compensações, centrações, descentrações, entre outros mecanismos cognitivos. Os mapas conceituais serão auxiliares da verificação das tomadas de consciência e das implicações significantes observadas no processo de construção dos conceitos químicos e do “fazer e compreender” dos alunos. Nas figuras 12 (versão-1) e 13 (versão-2) podem ser observadas as duas versões dos mapas conceituais elaborados pela aluna [ESP] durante o estudo piloto para a reação entre alguns metais e ácido clorídrico em diferentes concentrações.

¹⁷ Mapas Conceituais são representações gráficas que apresentam as relações entre substantivos (conceitos) ligados por verbos de ligação. São utilizados para auxiliar a ordenação e a seqüência hierarquizada dos conteúdos de determinado assunto. Mais detalhes disponíveis em <http://penta2.ufrgs.br/edutools/mapasconceituais/defmapasconceituais.html>.

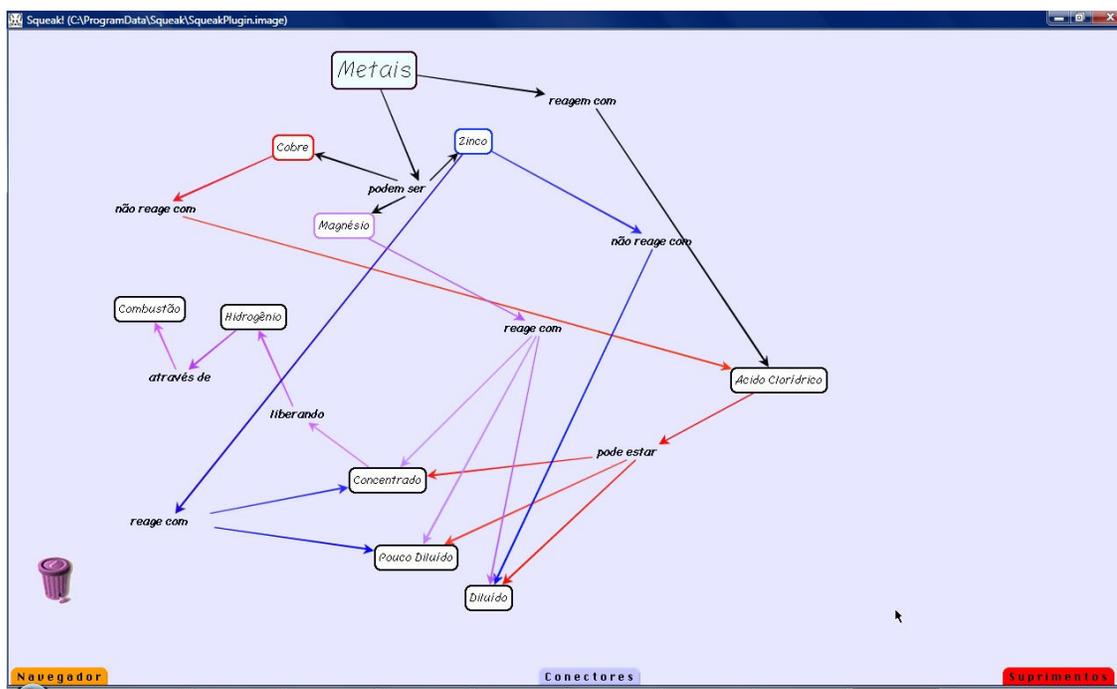


Figura 12 – Versão-1 do mapa conceitual elaborada pela aluna [ESP].

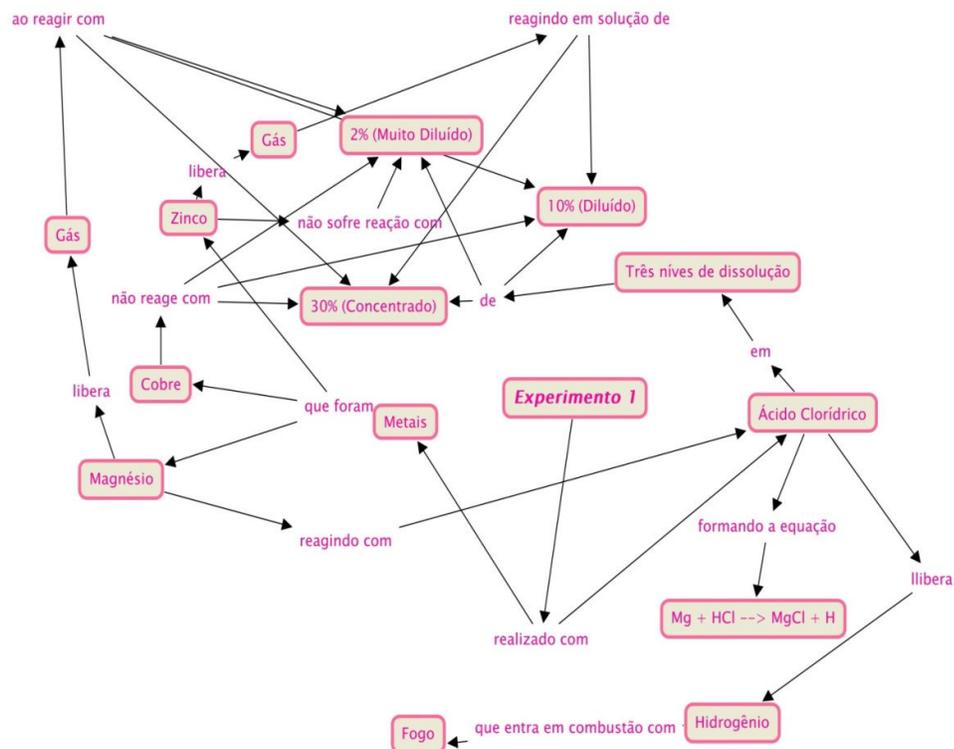


Figura 13 – Versão-2 do mapa conceitual elaborada pela aluna [ESP].

Importa ressaltar que a versão-1 do mapa foi construída após a atividade experimental no laboratório de práticas, apenas com os dados coletados, geralmente, por meio de abstrações empíricas. A versão-2 foi realizada após a produção do vídeo sobre o experimento do ácido com os metais. A aluna [ESP] utilizou o *software CMapsTools* para a produção dessas versões. As análises apresentadas do capítulo 7 dessa tese apontam para os mecanismos cognitivos observados na comparação dessas versões dos mapas conceituais.

Como forma de verificar se o ambiente *Squeak-Etoys* pode ser utilizado para a produção de mapas, os outros alunos o utilizaram na produção da segunda versão de seus mapas. A figura 14 mostra o mapa da aluna [VIE] confeccionado no ambiente *Squeak-Etoys*.

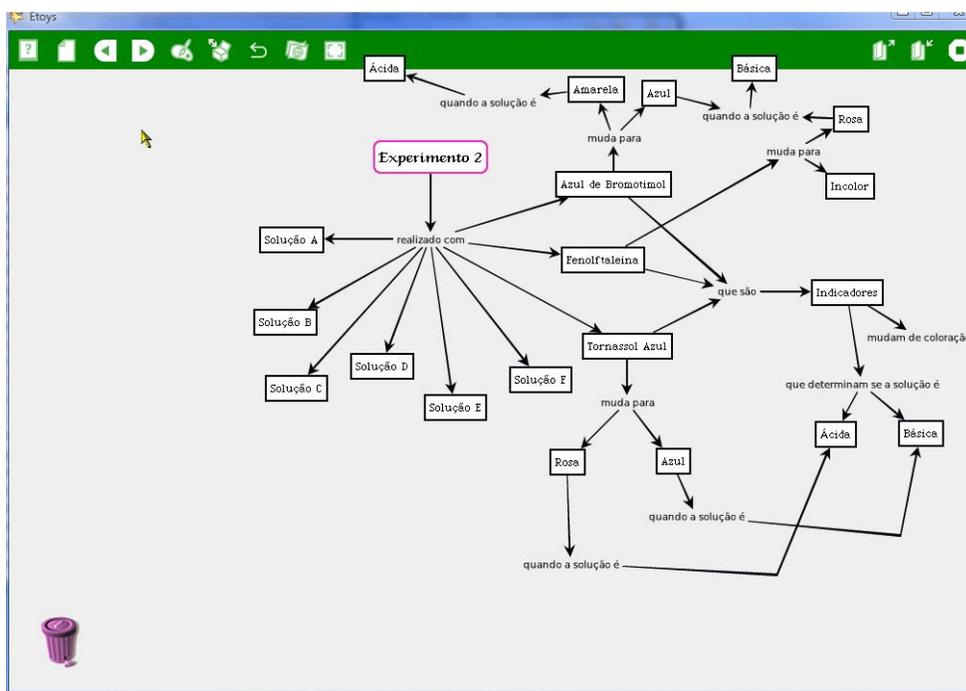


Figura 14 – Versão-2 do mapa conceitual elaborada pela aluna [VIE].

Uma vez que o *software* do *Cmaps* requer uma configuração mais robusta de *hardware* para funcionar com todas suas funcionalidades, o uso do ambiente *Squeak-Etoys*, apesar de não apresentar todos os recursos do *CMaps*, pode ser utilizado para a confecção dos mapas conceituais. Esse fato é relevante se pensarmos em utilizar essa AP com alunos de escolas que utilizam computadores com configurações mais limitadas. No entanto, ao realizar entrevistas clínicas a partir de mapas iniciais, o *CMaps* se mostra mais adequado, pois possui uma funcionalidade que permite gravar as alterações realizadas pelo sujeito durante a intervenção do pesquisador.

D) A produção dos vídeos.

Os estudantes foram divididos em duplas para a produção dos vídeos. O vídeo sobre a reação de ácido clorídrico, em diferentes concentrações, com metais ficou por conta das alunas [COS] e [VIE]. O vídeo sobre indicadores em meio ácido e em meio básico foi produzido pelo aluno [BAL] e pela aluna [ESP]. Ambos os vídeos estão disponíveis no *website* do *Youtube*, cujos links podem ser obtidos no blogue da comunidade “Produzindo Vídeos e Simulações em Química” no ambiente Açaí do Leadcap, disponível no endereço:

(http://leadserver.cap.ufrgs.br/~acai/acai/ambiente/blog/visualiza_blog.php?cod_ativ=76).

Uma vez que os alunos utilizaram músicas de suas preferências como trilhas sonoras dos vídeos e não obtiveram a liberação de sua utilização por quem detém os direitos autorais, os vídeos ficaram sem som no *Youtube*. Mesmo fazendo a referência dos autores das músicas nos créditos dos vídeos, esse é um detalhe importante e deve ser considerado quando da sua produção e publicação. Sugere-se que sejam utilizadas trilhas sonoras com músicas que possuam direitos autorais liberados por seus autores ou de domínio público. Existem páginas na *Internet* com esses recursos disponíveis. Um exemplo é o “Domínio Público”, uma biblioteca digital desenvolvida em software livre, disponível no endereço eletrônico (<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaObraForm.jsp>).

A figura 15 mostra uma imagem instantânea do vídeo sobre a reação de ácido clorídrico e metais e a figura 16 uma imagem do vídeo sobre indicadores em meio ácido e em meio básico.



Figura 15 – Imagem do vídeo produzido pelos alunos para a reação de ácido clorídrico e metais.



Figura 16 – Imagem do vídeo produzido pelos alunos para a reação de indicadores em ácido e básico.

Estes vídeos serviram para que os alunos pudessem refletir sobre as etapas e fenômenos observados durante a atividade experimental. A produção de vídeos tem como objetivos a revisão teórica do que acontece nos fenômenos e a reflexão dos pontos importantes a serem apresentados. Esses vídeos poderão servir para que outros sujeitos, ao os assistirem, possam obter observáveis e dados empíricos, mesmo não manipulando os materiais de forma concreta. Os estudantes, ao produzirem os vídeos, deveriam apresentar uma sinopse para sua realização, utilizando o ambiente *Squeak-Etoys* para a descrição das etapas da filmagem.

Após a finalização dos vídeos, os alunos produziram a versão-2 do mapa conceitual. Com a produção da filmagem, espera-se que os alunos possam apresentar regulações e compensações em seus esquemas de significação e de ação que permitam novas abstrações reflexionantes e, por conseqüência, novas implicações significantes que levem o estudante a novas tomadas de decisão, consolidando e/ou reformulando os conceitos aprendidos anteriormente.

Os vídeos foram produzidos utilizando-se os recursos disponíveis e de maneira amadora. Para a produção do vídeo sobre indicadores em meio ácido e em meio básico foi utilizada uma filmadora analógica com mídia VHS- C (compacta). As imagens foram digitalizadas com uma placa de capturas e transformadas em arquivo AVI. Posteriormente, com o auxílio do *Windows Movie Maker*, software de edição disponível nos computadores do Colégio de Aplicação e nos microcomputadores domésticos dos alunos, a versão final foi transformada em arquivo MPEG-2 e disponibilizada no *Youtube*. O vídeo sobre a reação do ácido clorídrico com metais utilizou câmeras digitais simples de propriedade dos próprios estudantes e salvas em arquivos MOV. Após a conversão para arquivos MPEG-2, o *Windows Movie Maker* foi utilizado para a edição e finalização do vídeo, a semelhança do grupo anterior, e também foi disponibilizado no *website* do *Youtube*. A escolha dos equipamentos de filmagem analógico e digital foi proposital e serviu para verificar que ambos os processos podem produzir vídeos amadores com boa qualidade. Assim, esse processo pode ser efetivado sem maiores problemas e os estudantes afirmaram que foi muito interessante e importante essa produção de vídeos para a compreensão dos fenômenos envolvidos nos processos vivenciados. Com a popularização dos equipamentos digitais (câmeras e celulares) com boa resolução de imagens, esses procedimentos se tornarão comuns e eficientes no processo de aprendizagem dos alunos, em qualquer área do conhecimento. No projeto UCA, por exemplo, os *laptops* vêm equipados com câmeras e microfones embutidos que permitem aos aprendizes

a produção de vídeos amadores sobre os assuntos de interesse para seus projetos de aprendizagens.

E) Criando representações e modelos digitais no ambiente *Squeak-Etoys*.

Após a produção e finalização dos vídeos, os sujeitos do estudo piloto foram convidados a produzirem representações digitais dos fenômenos químicos observados, utilizando as ferramentas do ambiente *Squeak-Etoys*. Primeiramente, o ambiente foi explorado quanto as suas funcionalidades de simulação e dos *scripts* disponíveis. Essa exploração levou certo tempo até que os alunos estivessem ambientados com suas ferramentas. Como o semestre estava terminando, não foram possíveis as produções completas para os modelos digitais. Os estudantes foram desafiados a representarem, no ambiente computacional, os fenômenos químicos vivenciados nos experimentos e vídeos, bem como o seu entendimento sobre os mesmos. Foram possíveis apenas alguns esboços iniciais que estão disponíveis no blogue dos alunos no ambiente Açaí. Na figura 17, observa-se a seqüência que representa o “mundo” do ambiente *Squeak-Etoys* para o modelo digital da reação da fenolftaleína em meio básico elaborada pela aluna [ESP]. Podem-se observar os diversos *scripts* utilizados para reproduzir a queda de uma gota de fenolftaleína em meio básico (incolor) e que muda para róseo pela ação do meio na estrutura molecular do indicador. Na análise da construção dessa representação digital, por meio dos *scripts* utilizados, será possível verificar alguns mecanismos cognitivos presentes no processo de construção conceitos relacionados a esse fenômeno, principalmente as coordenações inferenciais e as abstrações reflexionantes.

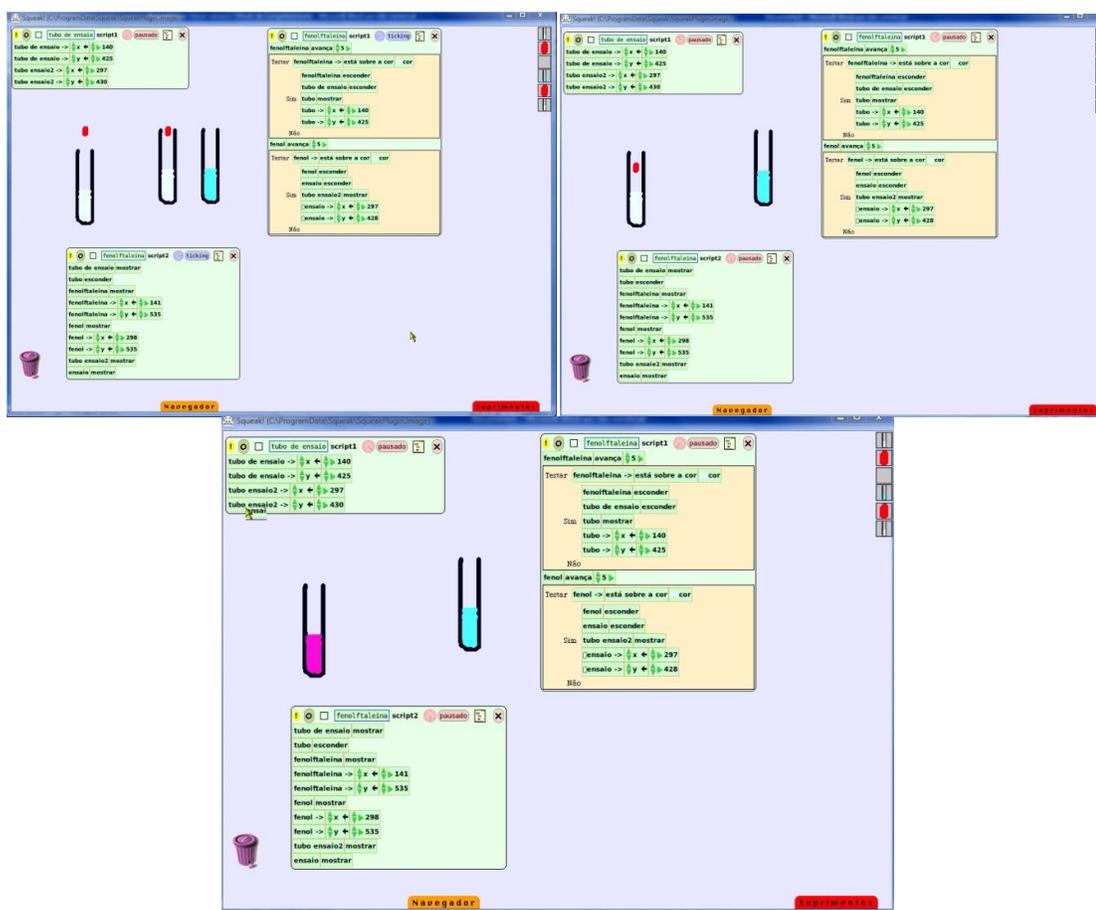


Figura 17 – Sequência da representação digital da reação da gota de fenolftaleína que cai em um tubo de ensaio com a solução básica, elaborada pela aluna [ESP].

Outro esquema representativo sobre os indicadores em meio ácido e básico foi elaborado, de maneira cooperativa, entre o pesquisador e os alunos para que fosse possível visualizar uma explicação e uma representação digital do fenômeno e dos conceitos envolvidos. Esse modelo digital foi produzido após a troca de idéias e explicações teóricas sobre a estrutura molecular do indicador, a fenolftaleína nesse caso, nos meios ácido e básico. Ele poderá servir como *feedback* positivo para aqueles que compreenderam o fenômeno ou como *feedback* negativo para a correção de possíveis erros conceituais ou assimilações deformantes. A figura 18 apresenta a sequência de páginas no ambiente *Squeak-Etoys* para essa representação digital.



Figura 18 – Seqüência elaborada de forma cooperativa e que representa o esquema da reação da gota de fenolftaleína em meio ácido e em meio básico, apresentando as respectivas estruturas moleculares desse indicador em cada meio.

F) Os relatórios digitais no ambiente *Squeak-Etoys*

Outra possibilidade para registros no ambiente *Squeak-Etoys* é a sua ferramenta livro. Ela pode servir como estrutura para a confecção de relatórios digitais das atividades experimentais. Os aprendizes poderão representar suas idéias, certezas, dúvidas, hipóteses, pesquisas bibliográficas, representações e conclusões de modo digital. Poderão encaminhar suas produções para uma *website*, blogue, *wiki* ou correio eletrônico definido pelo seu professor. Essa facilidade será de grande importância em um futuro breve, economizando papel e evitando extravios. O professor poderá comentar e corrigir o relato dos alunos, sugerindo e apontando para novas atividades e pesquisas em um fluxo contínuo de trocas que permitirão um processo de aprendizagem dinâmico e interativo. As trocas entre os alunos e

seus professores, de forma colaborativa e/ou cooperativa, servirão para a construção e consolidação de conceitos, evitando o simples expediente de “copiar/colar”, observado em processos sem maiores interações e controle. Como sequência do estudo piloto, no primeiro semestre de 2008 foi estabelecida e testada uma possível estrutura para esses relatórios digitais. No blogue dos alunos da comunidade “Relatórios Digitais de Experimentos Químicos”, no ambiente Açai do Leadcap, é possível verificar a aplicação dos relatórios digitais para a apresentação dos resultados de um experimento químico ou projeto de aprendizagem. Na figura 19 da página seguinte é possível verificar a sequência de páginas de um modelo de relatório digital produzido com o uso da ferramenta “livro” do ambiente *Squeak-Etoys*.



Figura 19 – Sequência de páginas no ambiente Squeak-Etoys com um modelo de relatório digital para experimentos químicos.

Ao final do processo vivenciado ao longo do estudo piloto, os alunos foram entrevistados pelo pesquisador para exporem suas idéias e opiniões sobre o trabalho desenvolvido na AP, bem como sobre o uso do ambiente *Squeak-Etoys*. Cada um deles, também, elaborou em seu blogue uma auto-avaliação que pode ser lida na página 101, nos anexos dessa tese. Essa entrevista não se caracterizou como sendo a entrevista clínica. A seguir são apresentadas algumas das falas dos alunos.

“[...]achei bem interessante trabalhar com o *Squeak*. É um pouco trabalhoso, mas bem legal... Trabalhei com outro programa parecido na quinta série para simulações, mas no *Squeak* é mais fácil ... não é tão difícil é apenas trabalhoso...”

[VIE] entrevista gravada em 13/12/2007.

“Eu acho que o ruim foi o pouco tempo, mas tudo foi muito legal [...] ajudou bastante no trabalho em sala de aula...”

[COS] entrevista gravada em 13/12/2007.

“O trabalho para mim foi significativo [...] eu aprendi a mexer em alguns programas que pra mim eram desconhecidos...eu vi que dá para fazer coisas assim, que a gente vê na televisão [...] coisas simples usando o *Movie Maker*, usando o *Squeak* [...] pela primeira vez eu fiz um mapa conceitua [...] eu nunca tinha feito [...] foi uma realização. Pude aplicar nas aulas o que aprendi no trabalho aqui.”

[ESP] entrevista gravada em 13/12/2007.

4. Apresentação e Discussão dos Dados Coletados

4.1 Introdução

Como o processo de aprendizagem em Química é contínuo e permanente, pretende-se observar o que ocorre em parte desse processo. Assim, inicia-se com uma atividade experimental, determinada pelo pesquisador, e os alunos seguem as orientações e realizam todas as etapas previstas na arquitetura pedagógica construída. A análise será qualitativa e pretende-se verificar os mecanismos cognitivos, com base na teoria de Piaget, utilizados pelos alunos no processo vivenciado nessa arquitetura. Os registros, relatos e mapas conceituais, como indicadores de análise, serão comparados entre as etapas e, com o auxílio de entrevistas clínicas piagetianas, pretende-se identificar esses mecanismos, desde as assimilações iniciais e acomodações, passando pelas regulações e compensações, implicações significantes, coordenações inferenciais, até culminar com as abstrações refletidas. Estas últimas podem ser consideradas como indicadoras da compreensão e consolidação do conceito químico construído pelos sujeitos até o momento da finalização do acompanhamento do processo pelo pesquisador, uma vez que nenhum conceito, no sentido piagetiano, será completo e finito. Ele sempre pode ser ampliado e melhorado com novas e constantes interações. O sujeito sempre poderá acomodar novidades em seus esquemas de significação.

A proposta de Dutra (2006), para análise das implicações significantes, servirá de suporte ao se comparar os mapas conceituais. Nessa proposta, além de outros aspectos cognitivos, o autor aponta para os três tipos de implicações: a local, a sistêmica e a estrutural. A primeira é fruto de uma observação direta, isto é caracteriza o objeto, mas não amplia o conhecimento sobre o mesmo. Por exemplo, na reação de um indicador com uma solução do ácido X, o sujeito verifica que o sistema adquire uma coloração Y, contudo sem ampliar a idéia que a coloração Y é comum para qualquer solução ácida com o mesmo pH. A segunda implicação insere as primeiras em um sistema de relações que começa a se estabelecer, onde generalizações e caracterizações não dependem apenas das propriedades do objeto, mas do

sistema de significação do sujeito. A implicação estrutural amplia as anteriores, onde os “porquês” e as razões para o estabelecimento das relações lógicas entre os conceitos que aparecem nos mapas podem ser observadas.

Essa análise qualitativa, ao longo do processo, permite ao professor a proposição de determinadas ações e a retomada de encaminhamentos na orientação de seus alunos, assim como chamar a atenção para pontos e idéias importantes de serem consideradas no planejamento das atividades e nas propostas de estudos.

As análises irão considerar os dados coletados desde o estudo piloto até a oficina realizada com os alunos de uma escola estadual de Viamão-RS. A escolha dessa instituição foi devido ao seu caráter de escola pública estadual, além de localizar-se próxima ao Colégio de Aplicação. Dez alunos da terceira série do Ensino Médio foram sorteados e participaram de uma oficina com cerca de doze encontros realizados entre os meses de março a maio de 2009, onde a arquitetura pedagógica foi aplicada. Os alunos foram até o Colégio de Aplicação para realizar as etapas previstas. Em um contato inicial verificou-se que os alunos não realizavam atividades experimentais nas aulas de química, pois a escola não tinha laboratório e materiais adequados à prática. Tal fato é comum na maioria das escolas estaduais. Mesmo aquelas que possuem laboratório, poucos são os professores que oferecem atividades experimentais aos alunos. No quadro 3, são apresentadas algumas características dos estudantes sorteados para realizar a oficina.

Quadro 3: Características dos estudantes da escola estadual de Viamão.

Estudante	Sexo	Idade (anos)
[ADR]	feminino	17
[BRE]	masculino	17
[BRU]	feminino	16
[GUI]	masculino	16
[LEO]	masculino	17
[MAR]	feminino	16
[PED]	masculino	16
[SAI]	masculino	18
[TAT]	feminino	16
[VIN]	masculino	17

Ao descrever os sujeitos da pesquisa durante a análise dos dados, os estudantes serão referidos como apresentados nos quadros 2 e 3 dessa tese.

Importa ressaltar que a análise será voltada para caracterizar e identificar os mecanismos e os processos cognitivos vivenciados nas etapas da arquitetura pedagógica apresentada, pois ela é o mote principal dessa pesquisa. Assim, não se pretende analisar o desempenho e os conceitos construídos pelos sujeitos da pesquisa ao longo de todo processo. O importante nessa pesquisa é evidenciar como cada etapa da AP pode contribuir na construção dos conceitos químicos e quais são os mecanismos cognitivos utilizados pelos sujeitos nessa etapa do processo. Dessa forma, foram escolhidos extratos e mapas que representam os processos cognitivos dos sujeitos da pesquisa e que evidenciam bem os mecanismos da Epistemologia Genética, demonstrando a evolução e a construção dos conceitos químicos estudados.

4.2 A Etapa das Atividades Experimentais

Vamos analisar os dados referentes à primeira etapa da AP que envolve a atividade experimental em laboratório. Aqui cabe uma observação importante. No estudo piloto, os alunos da segunda série do Ensino Médio do Colégio de Aplicação já vinham realizando atividades práticas na área de Química, desde a primeira série do Ensino Médio, e estavam acostumados com os materiais de laboratório. No trabalho com os alunos da terceira série da escola de Viamão foi verificado que eles nunca haviam trabalhado em laboratório em nenhuma das séries do Ensino Médio.

Este fato pode ser evidenciado pelas observações realizadas pelo pesquisador durante as práticas ao ver os estudantes com maior ou menor intimidade com os equipamentos. Enquanto os alunos do Colégio de Aplicação já dominavam o uso da pêra de sucção, por exemplo, para transpor soluções de um recipiente para outro, os alunos da escola de Viamão não conheciam o equipamento e tiveram que aprender como manipulá-lo.

Outra evidência é observada nos mapas iniciais confeccionados após a atividade experimental. A figura 21 apresenta o mapa elaborado pela aluna [COS] para a atividade de reação de metais com ácido clorídrico.

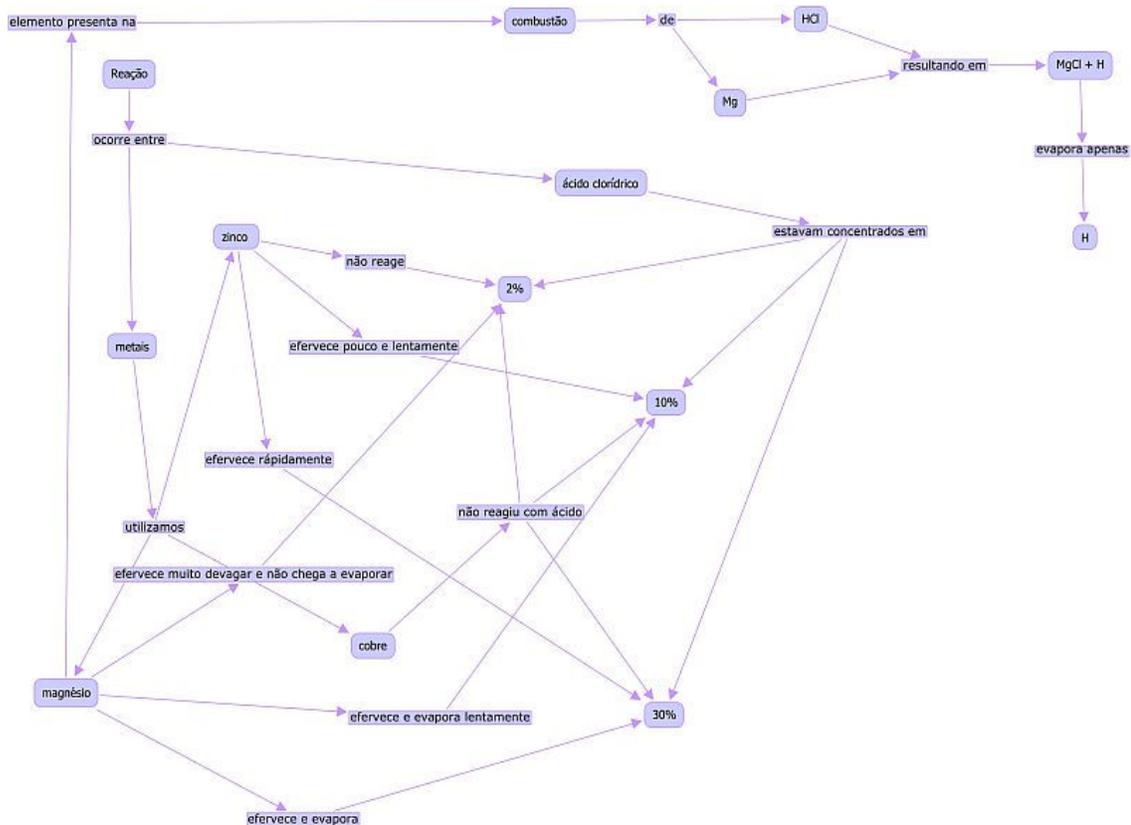


Figura 20 – Mapa conceitual inicial elaborado pela aluna [COS] para reação de metais e ácido clorídrico.

É possível evidenciar que as abstrações realizadas pela aluna são, na maioria, abstrações empíricas, ou seja, aquelas retiradas das observações dos fatos e características materiais das substâncias envolvidas nos fenômenos. Pode-se evidenciar no mapa, pela relação apresentada, onde “o magnésio reage com o ácido a 10%, efervescendo e evaporando lentamente”; “O zinco não reage com o ácido a 2%”; “O zinco efervesce pouco e lentamente com ácido a 10%.” As relações deste tipo são as implicações locais que a estudante faz ao realizar os experimentos. Nos primeiros mapas dos alunos este fato é evidenciado e raramente são identificadas implicações sistêmicas e implicações estruturais. A aluna indica no mapa as diferentes concentrações do ácido e os diferentes metais utilizados sem, no entanto, estabelecer, aparentemente, implicações sistêmicas.

Ainda no mapa da aluna [COS], é possível identificar uma abstração pseudo-empírica que, apesar de ser classificada como reflexionante, não se trata de uma abstração refletida, que pode identificar uma conceituação do sujeito. Ela registra no mapa que “o magnésio é elemento presente na combustão de Mg e HCl, resultando em MgCl + H e evapora apenas

H'. Tal abstração deve ter surgido a partir das intervenções clínicas do pesquisador durante o experimento, para que o sujeito se manifestasse sobre os fenômenos e fatos observados. Quando da observação da intensa efervescência na reação do magnésio com o ácido clorídrico a 30%, a aluna foi questionada sobre o motivo desse fato. Ela inferiu que “*seria um gás que está sendo liberado na reação*”. Em novo questionamento, o pesquisador pergunta se seria possível saber qual gás estava sendo liberado. A aluna pensou um pouco e respondeu que “*não sabia qual era.*” Questionada sobre quais as fórmulas das substâncias envolvidas (metal e ácido) ela inferiu que “*poderia ser cloro ou hidrogênio.*” O pesquisador pergunta o que poderia ser feito para saber se era hidrogênio ou cloro. A aluna pensa e responde: “*se fosse cloro teria cheiro de alvejante, o que não senti*”. Outra colega afirma: “*se for hidrogênio pode pegar fogo, pois é inflamável*”. Desse modo, foi sugerido pela aluna [COS] que “*se testasse a inflamabilidade do gás colocando um fósforo aceso na boca do tubo onde ocorria a liberação do gás*”. Assim foi realizado e, ao se aproximar o fósforo aceso, ocorreu um “zumbido” no tubo caracterizando uma “pequena explosão”. A aluna então afirma “*o gás liberado é hidrogênio*”. Essa sequência de procedimentos aponta que o processo cognitivo da aluna vai além das abstrações empíricas. Suas respostas aos questionamentos do pesquisador demonstram algumas coordenações inferenciais, fruto de seu sistema de significações construído ao longo do tempo.

Por outro lado, ao analisarmos o mapa conceitual da aluna [MAR] da escola de Viamão, figura 21, notam-se apenas abstrações empíricas.

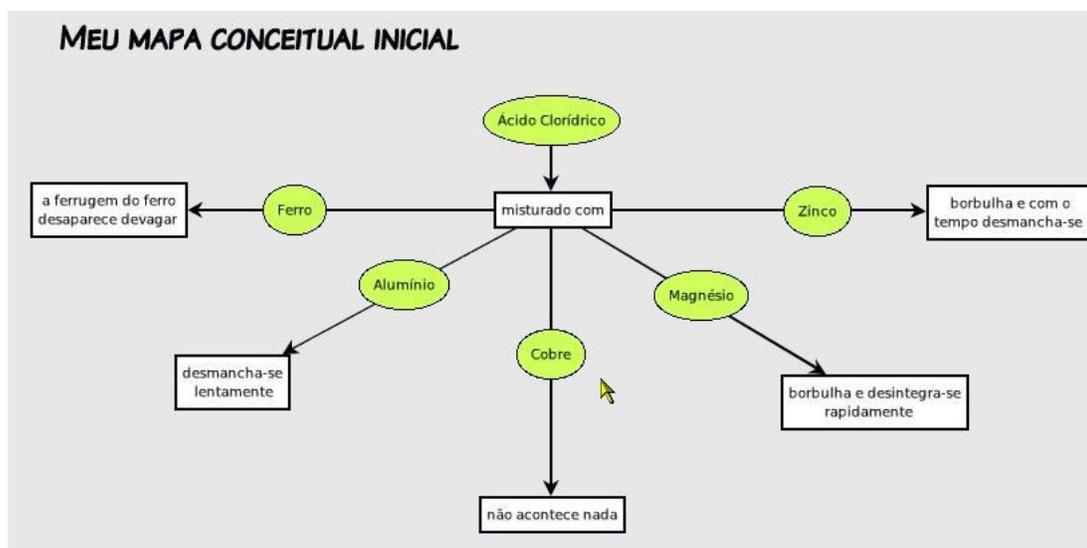


Figura 21 – Mapa conceitual inicial elaborado pela aluna [MAR] para reação de metais e ácido clorídrico.

No experimento realizado na oficina com os alunos da escola de Viamão uma pequena modificação foi introduzida. A atividade foi realizada com cinco diferentes metais (magnésio, cobre, zinco, ferro e alumínio) e o ácido clorídrico tinha apenas uma concentração (30%). Tal modificação não altera os possíveis resultados cognitivos e facilita, reduzindo o número de variáveis, as observações das respostas dos alunos. Esperava-se no piloto que as variações do tipo de metal e das concentrações do ácido pudessem levar os estudantes a estabelecerem operações formais de classificação e inferências que pudessem apontar para estágios de compreensão diferenciados entre os sujeitos da pesquisa. Tal fato não ocorreu, pois todos já tinham esquemas de significações que apontavam para a idéia que diferentes metais e diferentes concentrações do ácido mostrariam resultados igualmente diferentes. Assim, voltando ao mapa da aluna [MAR], fica evidente que as abstrações são apenas empíricas e as implicações significantes são apenas locais. Resumindo, a aluna aponta que a “mistura” do ácido com determinado metal provoca determinadas evidências (desmancha, borbulha, nada acontece, etc.). É importante lembrar que a aluna [MAR] é da terceira série do Ensino Médio e esperava-se que termos como “misturar”, “desmanchar” e “desintegrar”, ao invés de reagir não fossem mais empregados em atividades de Química. Destaca-se que quando a aluna escreve que a reação do ácido com o ferro a “*ferrugem desaparece devagar*” ela apenas aponta para algo que já conhecia e ficou evidente no pedaço de ferro oxidado (a ferrugem). Apesar de outros metais, como o magnésio e o zinco, também se apresentassem oxidados externamente ela não fez referência a tal fato.

Nas análises dos mapas iniciais dos outros sujeitos da pesquisa não foram evidenciados comportamentos e registros muito diferentes dos apresentados pelas alunas [COS] e [MAR]. Mesmo com outras atividades experimentais sobre a ação dos indicadores ácido-básicos e com a condução de corrente elétrica de sal e açúcar sólidos ou em solução aquosa, os mecanismos cognitivos e as implicações foram muito semelhantes as que foram relatadas nessa seção. Na análise comparativa dos mapas em diferentes etapas da AP serão destacados os outros experimentos.

4.3 A Etapa das Produções dos Vídeos

Após as atividades experimentais, os estudantes tiveram um tempo para pesquisar sobre os fenômenos e fatos observados. Realizaram pesquisas na *Internet*, trocaram idéias entre si e com o pesquisador antes de iniciarem as produções dos vídeos. Assim, algumas de suas dúvidas temporárias foram esclarecidas e acrescidas em suas certezas provisórias.

A produção de vídeos foi incluída na arquitetura pedagógica construída por se tratar de um dos recursos de informação e comunicação mais utilizados e fascinantes entre os jovens. O fato de eles organizarem os materiais, filmarem os experimentos e editarem seus vídeos traz uma forte interação entre sujeito e objeto (filme). Uma das explicações apresentadas pelos estudantes é que suas produções devem ficar bem “organizadas e claras” para serem exibidas aos outros espectadores. Isso evidencia a importância da autoria dos objetos de aprendizagem.

As produções foram organizadas em duplas, no estudo piloto, e em grupos de cinco pessoas na oficina com os estudantes da escola de Viamão. Inicialmente eles escolheram quais atividades gostariam de filmar e após reuniram-se e prepararam a sequência de tomadas do filme.

A seguir será mostrada uma *storyboard*¹⁸ elaborada pelo grupo de alunos do estudo piloto para a produção do vídeo sobre indicadores ácido-básicos. Ela foi elaborada utilizando-se a ferramenta “livro” do ambiente *Squeak-Etoys*. Nota-se na sequência de quadros que a *storyboard* também pode servir como relatório das atividades experimentais executadas por eles. Na figura 22, composta pelas páginas do “livro” do *Squeak-Etoys*, disponível no ambiente Açaí, pode-se verificar o cuidado com o que eles consideram como fundamental de ser mostrado no filme. Tal evidência pode ser constatada ao assistir o filme elaborado por eles e disponível no *Youtube*, podendo ser acessado no endereço abaixo apresentado.

http://www.youtube.com/watch?gl=BR&hl=pt&v=_ZNk-ltFpMI

¹⁸ Pode-se chamar de *storyboard* um roteiro, em quadros seqüenciais, que apresentam uma história ou fato a ser filmado. É uma importante ferramenta de planejamento de produções visuais.

Indicadores Ácidos - Base

Criado por Nathalia Bianchini Esper e Bruno Balthazar.

Passo 1:
Colocar +- 3mL de cada solução em diferentes tubos de ensaio. Sempre que for trocar de solução, NÃO usar a mesma pipeta.



Passo 2:
Colocar seis pedaços do tornassol azul no vidro de relógio. Em seguida, com o auxílio de um tubo de vidro, pingar em cada tornassol uma gota de cada solução.

IMPORTANTE: Lavar o tubo de vidro sempre que entrar em contato com diferentes soluções.



Passo 3:
Observar a coloração final e rotar os dados.

Sugestão: Você pode fazer uma tabela para anotar os dados.



Passo 4:
Com o auxílio de uma pipeta, pingar três gotas de Fenolftaleína em cada solução.



Observar a cor final e anotar os resultados.



Passo 6:
Colocar três gotas de Azul de Bromotimol em cada solução.



Ao longo dessa experiência, podemos observar que o tornassol azul, a fenolftaleína e o azul de bromotimol servem como indicadores ácido - base, ou seja, quando reagidos com alguma solução, eles indicam se é uma solução ácida ou uma solução base apenas observando a sua cor.

Se o papel tornassol azul ficar vermelho, significa que a solução é um ácido.
Se a fenolftaleína ficar branca ou incolor, significa que a solução é um ácido; e se ela ficar rosa, a solução é uma base.



Observar a coloração final e anotar os resultados.

Figura 22 – Sequência de imagens da Storyboard elaborada na ferramenta livro do ambiente *Squeak-Etoys* para a produção do vídeo sobre indicadores ácido-básicos.

Este relato inicial mostra que os alunos na preparação dos vídeos buscam maiores informações e detalhes sobre os fenômenos estudados. As análises dos mapas conceituais antes e após a produção dos vídeos, bem como os registros do pesquisador nas entrevistas com os alunos, apresentam evidências da construção conceitual dos alunos.

Analisando os mapas conceituais do aluno [BRE], mostrados na figuras 23 e 24, que foram confeccionados, respectivamente, após a atividade experimental desencadeadora e após a produção do vídeo, implicações e mecanismos cognitivos são evidenciados.

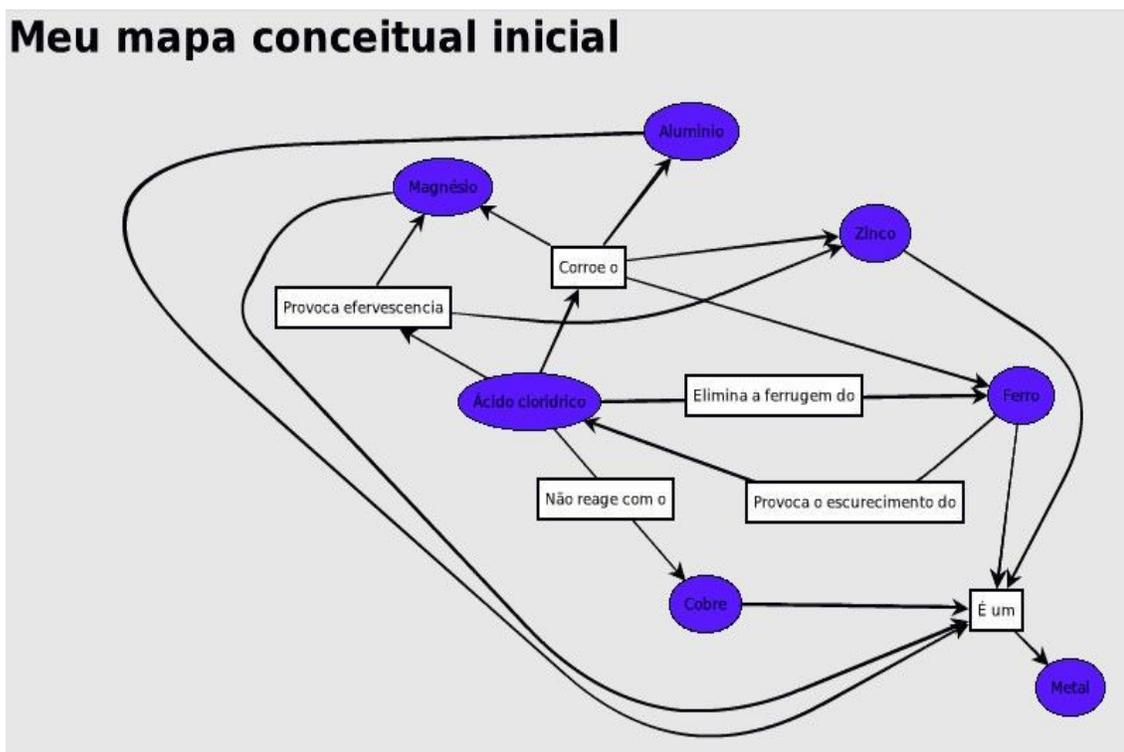


Figura 23 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] após a atividade experimental desencadeadora.

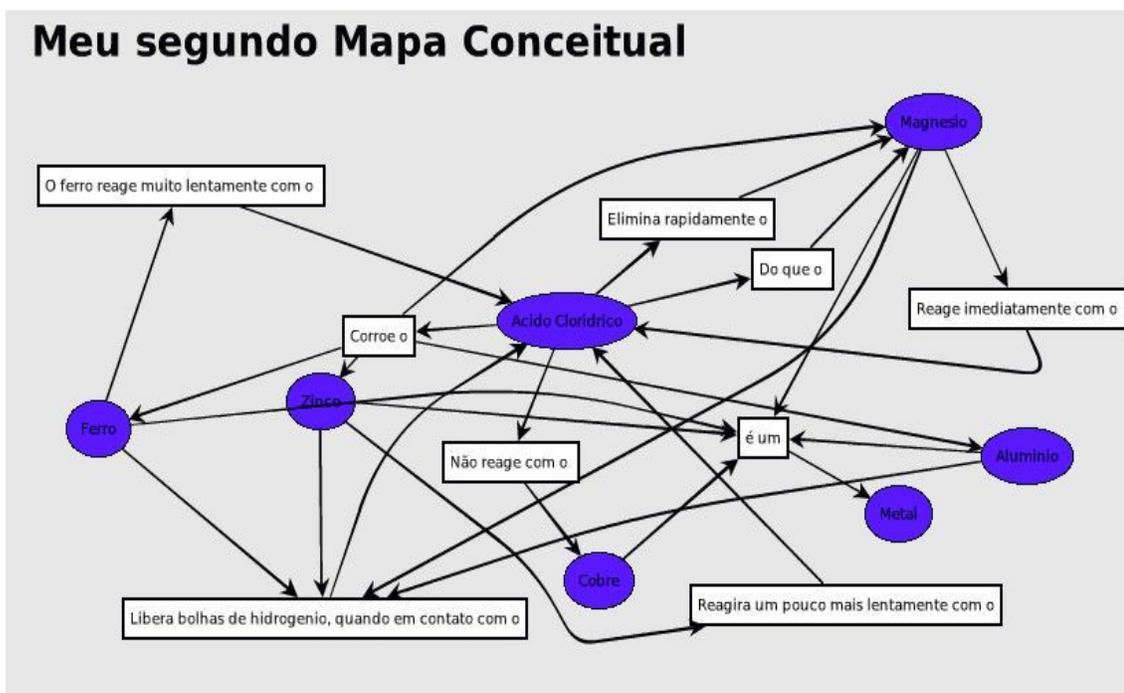


Figura 24 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] após a produção do vídeo.

No mapa da figura 23, o aluno [BRE] apresenta apenas implicações locais resultado das abstrações empíricas advindas da observação do experimento. Nota-se que ele se refere à efervescência e à corrosão como evidências de que ocorre a reação de alguns metais com o ácido e não faz menção a velocidade das reações. Já no mapa da figura 24 ele apresenta implicações sistêmicas ao relacionar as reações com a liberação de bolhas de hidrogênio, quando os metais reagem em contato com o ácido. É possível inferir que abstrações reflexionantes levaram o aluno a estas implicações. Isso fica evidente uma vez que agora ele registra diferentes velocidades para as reações ao utilizar os termos “imediatamente, lentamente, muito, pouco”. Ao ser questionado pelo pesquisador o motivo dessas inclusões no mapa ele afirma que foi “*conversando com os colegas e pesquisando as fórmulas das substâncias para saber o era a efervescência observada*”. Perguntado sobre o porquê de alguns metais reagirem com o ácido e outros não, [BRE] afirma “*que é devido às propriedades de cada metal e à série de reatividade deles*”. Questionado sobre o que seria esta série, não soube responder como maiores detalhes apenas referindo-se que “*pesquisou isso na Internet*”.

É possível notar, mais uma vez, que a intervenção do professor/pesquisador é importante para provocar desequilíbrios nos sistemas de significações do sujeito. Estes

desequilíbrios o levam a buscar regulações ativas e, certamente, elas foram experimentadas pelo aluno [BRE] durante as abstrações reflexionantes que o fizeram modificar seu segundo mapa conceitual.

Um exemplo interessante de assimilação deformante pode ser observado no primeiro mapa conceitual do aluno [VIN], mostrado da figura 25.

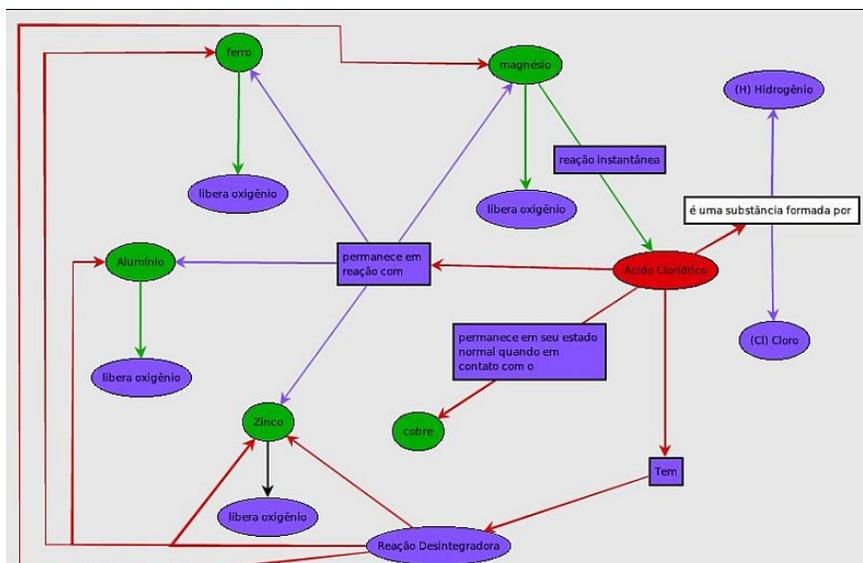


Figura 25 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [VIN] após a atividade experimental.

Ele relaciona por abstração empírica que a liberação de gás proveniente da reação do ácido clorídrico com alguns dos metais é o oxigênio. Questionado pelo pesquisador sobre este fato ele diz “*que as bolhinhas são provenientes de um gás e que deve ser o oxigênio por ser mais comum*”. Para [VIN], inicialmente ficou a idéia geral de que gás liberado é oxigênio. Com a sequência do processo, após conversas com os colegas e pesquisas na *Internet*, ele fez nova assimilação e a acomodou em seu sistema de significações. Em seu segundo mapa, figura 26, essa assimilação deformante desaparece.

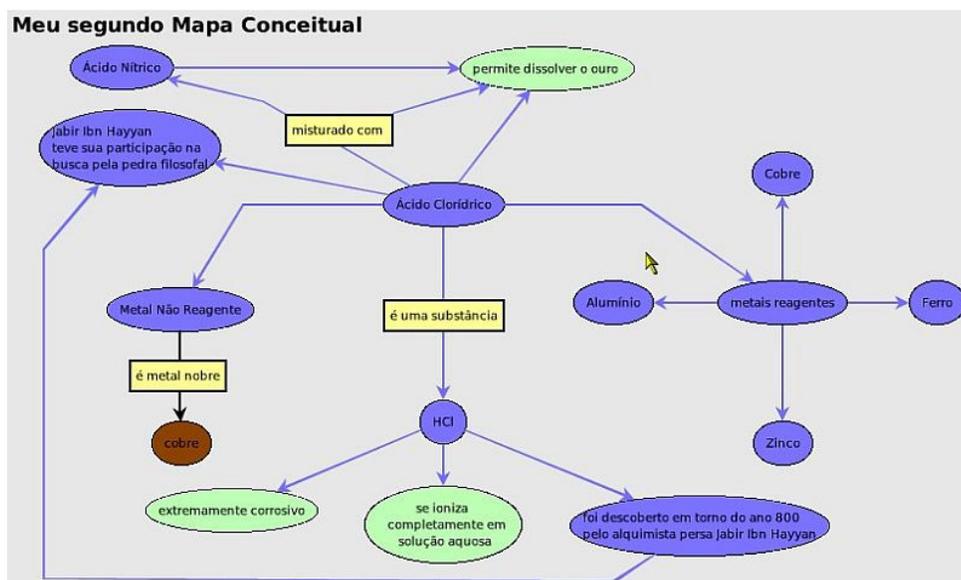


Figura 26 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [VIN] após a produção do vídeo.

Este fato reforça a necessidade de retomar o processo de conceituação com os alunos com outras atividades e estratégias. É importante lembrar que o aluno [VIN] frequenta a terceira série o Ensino Médio e até a sua participação na oficina tinha a idéia de gás liberado deve ser o oxigênio. Questionado sobre o motivo de o oxigênio não aparecer em seu segundo mapa ele diz que “*estava equivocado na primeira vez*” e verificou junto com os colegas, durante as filmagens do vídeo, que “*o gás liberado é o hidrogênio*”. Ele procurou colocar, em seu segundo mapa, características do fenômeno e contemplar os dados que coletou na pesquisa feita na *Internet*. É possível identificar abstrações reflexionantes ao representar separadamente metais que reagem com o ácido e metal que não reage, o cobre, inclusive classificando de metal nobre. Essa classificação obteve em sua pesquisa com textos sobre o assunto. São implicações sistêmicas e até estruturais quando organiza e classifica os metais pela forma de reagir com o ácido. Inclusive, ao ser questionado sobre a existência de outros metais nobres, ele apresenta o ouro e faz relação sobre a mistura do ácido clorídrico com o ácido nítrico, que faz a “dissolução” do ouro. Aproveitando o fato de o aluno utilizar o termo dissolução para a reação do metal com ácido, verifica-se que este conceito é bastante complexo em química. Os estudantes, em sua maioria, ficam com as abstrações empíricas de que uma substância em meio líquido (geralmente aquoso) dissolve-se (“desaparece”), a semelhança do sal de cozinha, açúcar, etc. A diferenciação só ocorrerá com abstrações refletidas onde o estudante consiga compreender por meio de regulações ativas que o conceito “dissolver” é diferente de “reagir” e só deve ser aplicado para situações onde não ocorra a

formação de novas substâncias. Para se chegar a este nível de conceituação o processo é longo e requer muitas coordenações inferenciais por parte do sujeito. Acredita-se que uma arquitetura pedagógica com a desta pesquisa seja um caminho que possa permitir ao sujeito obter essas coordenações inferenciais ao longo do processo vivenciado.

Durante a pesquisa, além dos dois vídeos produzidos no estudo piloto, outros dois foram produzidos na oficina com os alunos da escola de Viamão. Por motivos de tempo eles não puderam publicar na página do *Youtube*. O pesquisador publicou depois dos encontros com os alunos. As figuras 27 e 28 apresentam, respectivamente, as imagens do vídeo sobre a condução de corrente elétrica do sal de cozinha e do açúcar sólidos e em meio aquoso e do vídeo sobre a reação de metais e ácido clorídrico, produzidos durante a oficina.



Figura 27 – Imagem do vídeo sobre condução corrente elétrica do sal de cozinha e açúcar na oficina (disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=rfw78ziYPxw>).

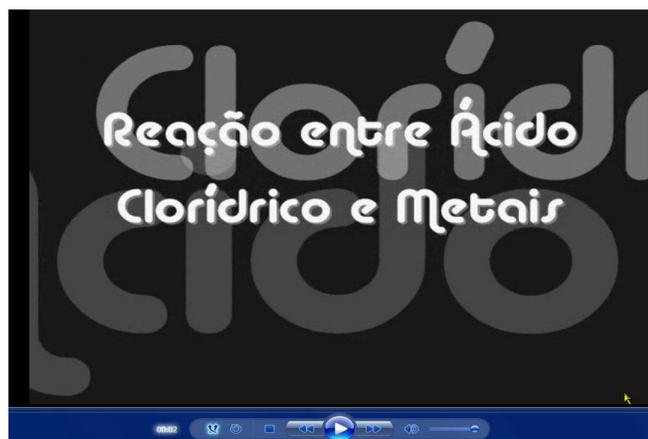


Figura 28 – Imagem do vídeo sobre reação de metais e ácido clorídrico na oficina (disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=yJ9gCMiiqL0>).

4.4 A Etapa das Representações e Modelos Digitais no *Squeak-Etoys*

Esta etapa da arquitetura pedagógica proposta procurou incluir atividades com o ambiente *Squeak-Etoys*. Por se tratar de um ambiente que permite ao estudante a possibilidade de criar projetos e representações digitais, sendo o autor de seu próprio objeto digital de aprendizagem, ele promove novas interações contribuindo para o processo de construção conceitual do sujeito. O ambiente *Squeak-Etoys*, descrito no item 5.4 desta tese, é facilmente disponibilizado nos computadores e permite uma série de funcionalidades e recursos de criação.

Durante o estudo piloto e na oficina os alunos tiveram um tempo para aprender a utilizar o ambiente. As representações produzidas pelos estudantes são simples e sem grandes detalhes técnicos, mas serviram para que novos mecanismos cognitivos pudessem ser observados, tanto no processo de criação dos modelos, como depois na elaboração de um terceiro mapa conceitual. Na maioria das vezes os alunos procuram repetir de modo digital os procedimentos da atividade prática. No entanto, eles conseguem incluir, agora, detalhes e informações colhidas por meios de abstrações reflexionantes e que podem explicar os fatos observados.

Alguns exemplos de representações e modelos, que os alunos chamaram de simulações, serão mostrados a seguir e juntamente com evidências dos mecanismos cognitivos apresentados pelos sujeitos.

Um primeiro exemplo de representação digital é o da aluna [ADR], apresentado na figura 29. Ela tenta reproduzir a introdução de um metal em um tubo de ensaio contendo solução de ácido clorídrico.

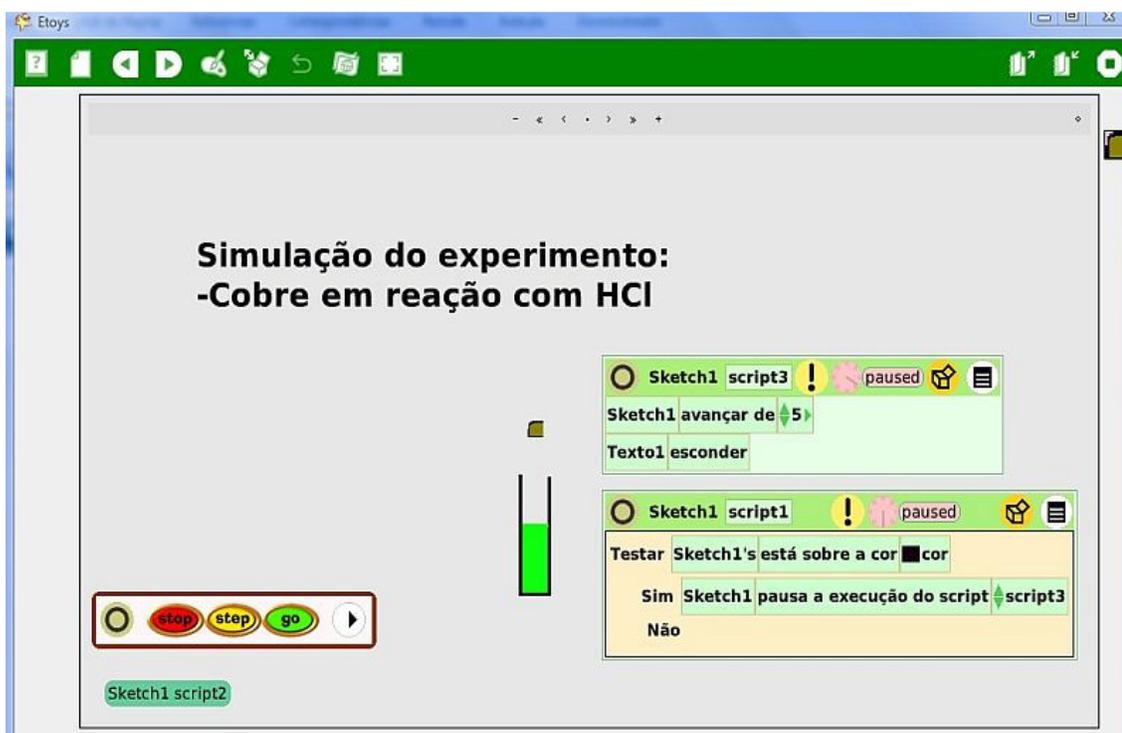


Figura 29 – Imagem da representação digital elaborada pela aluna [ADR] no ambiente Squeak-Etoys.

Nessa representação inicial, [ADR] quer mostrar o pedaço de metal (cobre) que “mergulha” no tubo com o ácido. Parece ser simples, mas o uso das ferramentas do *Squeak-Etoys* requer algumas abstrações reflexionantes para programar os scripts e chegar ao efeito desejado. A aluna [ADR] quer que um texto apareça quando o pedaço de cobre entre em contato com o ácido para mostrar que a reação não ocorreria. Ela programa os scripts e vê que o resultado não é o desejado. Embora o trabalho seja o de programar, é importante que ela tenha os conceitos químicos para que a programação seja realizada de forma a representar o fenômeno observado na atividade experimental e no filme produzido. O retorno aos resultados dessas etapas anteriores permite as regulações e compensações necessárias para acomodar os conceitos químicos. Nota-se que nessa etapa são as regulações ativas que predominam, pois o sujeito necessita modificar seu pensamento para avaliar o script utilizado. Se der certo, ocorrerá um *feedback* positivo que reforçará seus procedimentos de programação. Caso algo ocorra de forma diferente de sua idéia inicial ela poderá rever a programação para corrigir os procedimentos iniciais (*feedback* negativo). Em ambos os casos, abstrações refletidas são realizadas. Agora [ADR] saberá que deve ser programado da maneira X e não Y.

A intervenção do pesquisador, de maneira clínica, foi o de provocar a aluna com questionamentos para o que ela deveria fazer caso o efeito desejado não ocorresse. Após desenhar o pedaço de metal e o tubo de ensaio o “desafio” era fazer o pedaço de metal mover-se na direção do tubo. [ADR] programou seu script para o desenho avançar com fator cinco (distância percorrida em um intervalo de tempo; maior fator mais longe e rápido o objeto se move). No entanto, ela queria que o metal se movimentasse para baixo, em direção do tubo, mas o mesmo foi para o lado direito. Questionada sobre motivo de o movimento ser diferente do desejado, [ADR] responde que “*acha que direcionador do objeto está em outra direção*”. O “direcionador” referido por ela pode ser visto na sequência mostrada na figura 30.



Figura 30 – Imagem do visualizador de objetos do Squeak-Etoys mostrando o “direcionador” de movimento.

A aluna [ADR] confirma sua hipótese e modifica a direção do movimento do objeto. Em um primeiro momento, ocorreu uma perturbação no esquema de significação da aluna ao ver que a ação pensada para o objeto não era o que esperava. Usando de abstrações reflexionantes infere que o “direcionador” pode estar apontado para outra direção. Seu esquema de ação age e busca verificar sua hipótese. Abre o visualizador do objeto, observa e identifica que estava certa em sua previsão. [ADR] corrige a direção. Todo esse processo faz com que a aluna tenha uma tomada de consciência sobre a função do “direcionador” e por uma coordenação inferencial altera seus sistemas de significação e acomoda em seus esquemas de ações. Em outras situações semelhantes, [ADR] corrige este “problema” de forma quase automática.

Para corrigir outros problemas em sua representação digital, ela age da mesma forma ao ser questionada pelo pesquisador, apresentando semelhantes mecanismos cognitivos como os descritos anteriormente. Utilizando a ferramenta teste do *Squeak-Etoys*, ela refaz sua representação e o efeito desejado é obtido. A figura 31 mostra a representação digital da aluna [ADR] no início e no final para o cobre colocado em ácido clorídrico.

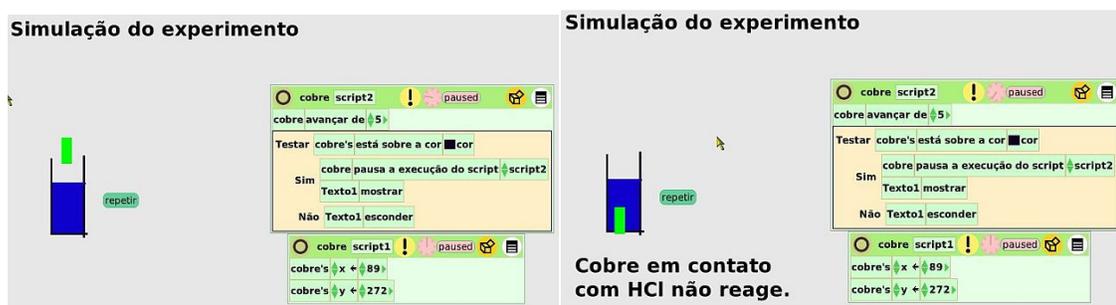


Figura 31 – Imagens da representação digital da aluna [ADR] para o cobre em contato com o ácido clorídrico, no início e no final do efeito programado.

Outro exemplo de representação digital é o do aluno [BRE], mostrado na figura 32.

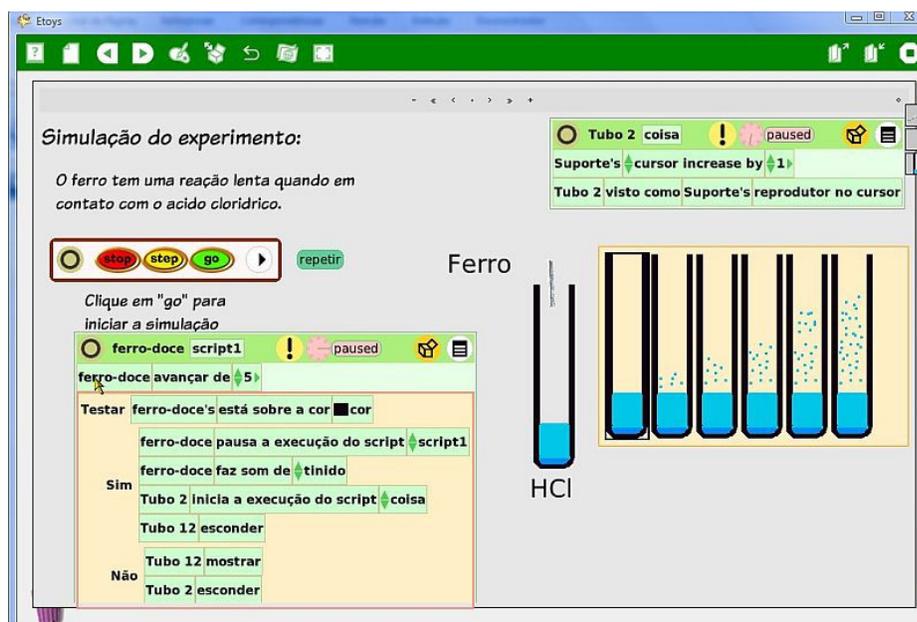


Figura 32 – Imagem da representação digital do aluno [BRE] para a reação do ferro em contato com o ácido clorídrico.

Nessa representação digital podem-se observar outros efeitos programados pelo aluno. Para que o leitor tenha uma idéia do que [BRE] pretende mostrar segue a descrição. O pedaço de ferro (filete), colocado acima do tubo contendo ácido clorídrico, irá penetrar no tubo e, em contato com o ácido, irá liberar bolhas de gás, evidenciando a ocorrência da reação. Ao lado do tubo, na figura 32, está uma ferramenta do *Squeak-Etoys* denominada de “suporte”. Ela serve para gerar animação de um objeto, no caso o tubo com o ácido. O script que programa o “suporte” pode ser visualizado acima dele na figura. O efeito aparece quando o pedaço de

ferro atinge o ácido e as bolhas começam a sair. Para que o efeito desejado seja uma representação semelhante aquela que [BRE] visualizou na atividade prática e no filme, ele teve que coordenar a velocidade da sequência das imagens do tubo de ensaio no suporte. No início a velocidade era muito rápida e [BRE] disse que “*este não era o comportamento do ferro no ácido. Está muito rápido*”. Nota-se que [BRE] verificou que a representação inicialmente criada não era o que estava acomodado em seu sistema de significação para a reação ferro ácido clorídrico. Para melhorar o efeito, abstrações reflexionantes por meio de coordenações inferenciais foram evidenciadas quando [BRE] altera a programação e faz com que a velocidade seja compatível com o que ele assimilou nas etapas anteriores da AP. Mais uma vez fica evidente que as interações, proporcionada pela arquitetura pedagógica proposta, fazem com que o sujeito possa construir, por meio de abstrações refletidas, os conceitos químicos propostos.

Outro exemplo de representação digital que agrega novas abstrações reflexionantes pode evidenciado no modelo criado pela aluna [TAT], figura 33.

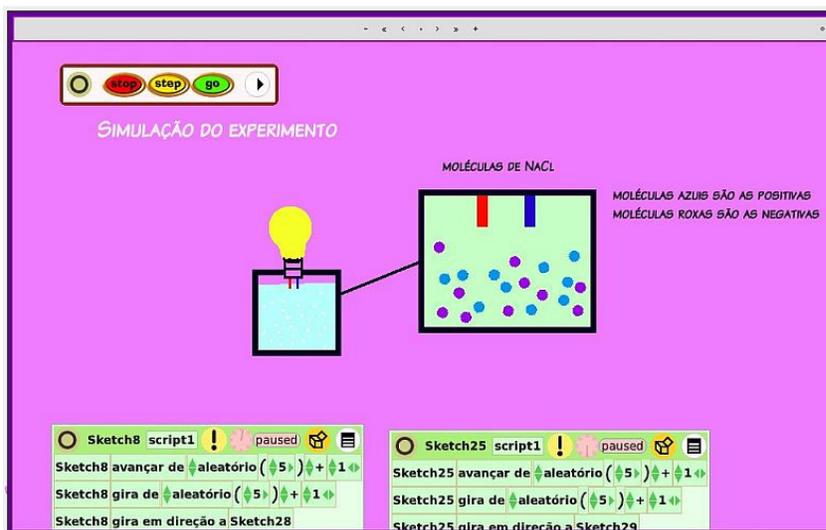


Figura 33 – Imagem da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio.

Nessa representação, [TAT] quer agregar as informações e pesquisas realizadas nas etapas anteriores da AP para mostrar o que “provoca”, segundo ela, “*a corrente elétrica que faz a lâmpada acender quando o circuito é fechado dentro da solução*”. Na atividade experimental que desencadeou esse processo, os alunos testaram a condução da corrente elétrica no sal de cozinha e no açúcar quando sólido e quando em solução aquosa. Essa

atividade serve para evidenciar algumas das propriedades das substâncias iônicas e moleculares.

Inicialmente, [TAT] desenha uma lâmpada já acesa com os terminais do soquete dentro da água. Não foi possível verificar porque ela representou dessa forma, pois a representação das partículas circulando no meio aquoso levou muito tempo para ser concretizada da forma desejada pela aluna. Pode-se tratar de uma assimilação deformante, uma vez que pode parecer que a lâmpada colocada na solução aquosa acenderá sozinha ou se trata apenas de um desenho esquemático idealizado por ela. O equipamento utilizado pode ser evidenciado no vídeo. No entanto, está é uma preocupação menor neste momento. O importante é representar digitalmente o que [TAT] considera para explicar o fenômeno ocorrido e que evidencia a forma como ela acomodou as causas desse fenômeno.

A partir de pesquisas na Internet, [TAT] verifica o que ocorre quando o sal é colocado em água. Identificou que o sal de cozinha é constituído, principalmente, pelo cloreto de sódio, que apresenta a fórmula NaCl . A aluna, então, verificou que esta substância quando colocada em água, produzia partículas (ainda não as denominava como sendo os íons sódio e cloreto), cujo movimento fazia a lâmpada acender. Mesmo lendo sobre isso em textos na *Internet*, [TAT] para aceitar esta explicação, realiza inúmeras abstrações reflexionantes. São regulações ativas em seus sistemas de significação que a fazem compreender o fenômeno. Embora o conceito ainda não esteja completo e ocorra, ainda, a utilização inadequada de termos como “moléculas” para o cloreto de sódio, a aluna já compreende o que está ocorrendo para que a lâmpada acenda quando o circuito fecha na solução aquosa de sal de cozinha.

Nos questionamento do pesquisador durante a criação de sua representação, [TAT] demonstra alguns mecanismos cognitivos que podem ser evidenciados pelo relato a seguir. As figuras 34, 35 e 36 são imagens capturadas em três momentos do modelo digital criado por [TAT] para a condução da corrente elétrica em solução aquosa de sal de cozinha. Na figura 34 é possível evidenciar que a aluna apresenta as partículas (as quais chamou de moléculas) do sal dissolvidas na solução.

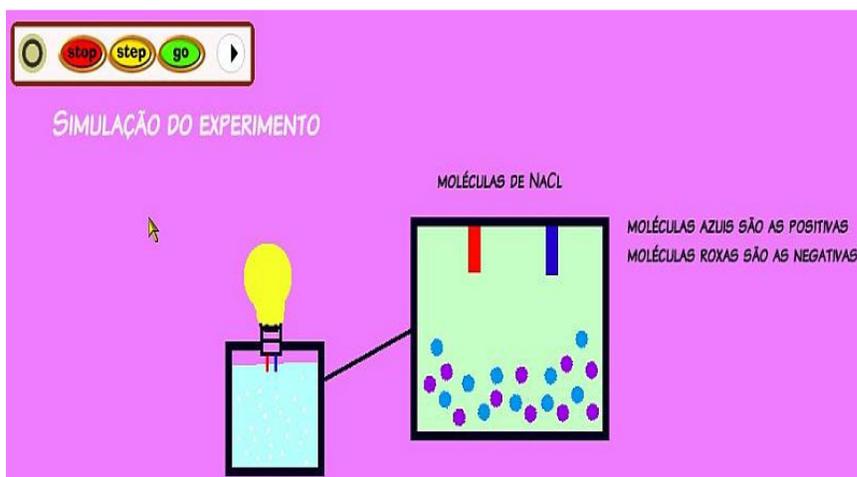


Figura 34 – Imagem do momento inicial da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio.

A aluna consegue inferir, por meio de abstração reflexionante, que existem partículas com cargas elétricas no meio aquoso. Identifica com cores diferentes a positiva e a negativa. Questionada sobre este fato, responde que “*as moléculas positivas irão para um dos pólos e as negativas irão para o outro. Assim, quando alguém olhar a animação saberá que ocorre uma corrente elétrica no meio*”.

A figura 35 mostra a imagem das “moléculas” indo em direção aos pólos do equipamento de condução de corrente elétrica representado pela aluna [TAT].

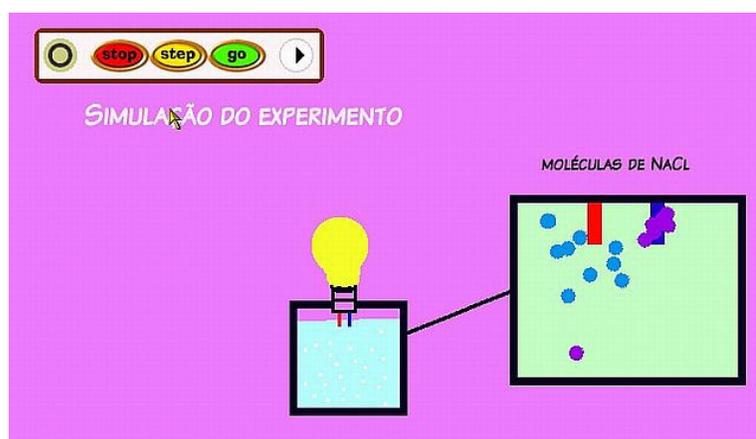


Figura 35 – Imagem de outro momento da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio.

A figura 36 mostra a imagem final da animação do modelo digital da aluna [TAT] onde as “moléculas” (partículas) do sal estão nos pólos.

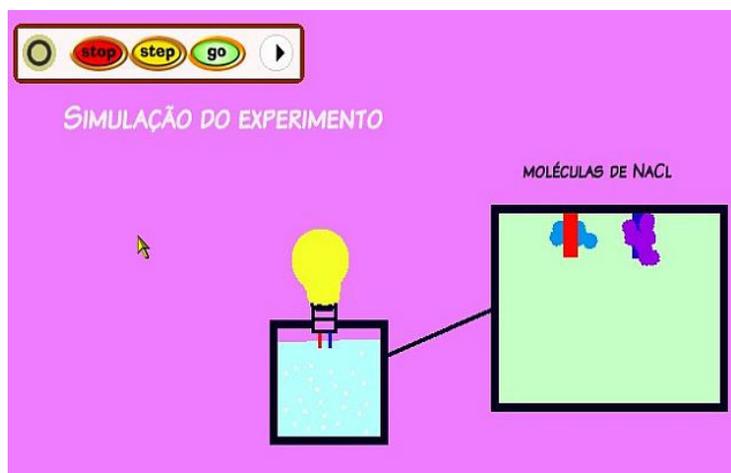


Figura 36 – Imagem do momento final da representação digital da aluna [TAT] para a condução de corrente elétrica da solução aquosa de cloreto de sódio.

Na sequência do trabalho o pesquisador realiza algumas perguntas para a aluna sobre sua representação, com base em seu terceiro mapa conceitual feito após essa etapa da AP. Esta entrevista clínica é importante para se ter o registro das implicações significantes, assim como as abstrações reflexionantes que a aluna efetua e que poderá explicar melhor sua representação digital, orientando-a para possíveis modificações. Na figura 37 é apresentado o segundo mapa conceitual da aluna [TAT], produzido após a edição do filme, e na figura 38 o terceiro mapa, confeccionado após a representação digital descrita anteriormente. A entrevista clínica foi realizada cerca de uma semana após a oficina. A aluna teve tempo de rever seus mapas, realizar novas pesquisas e acomodar os conhecimentos aprendidos na oficina.

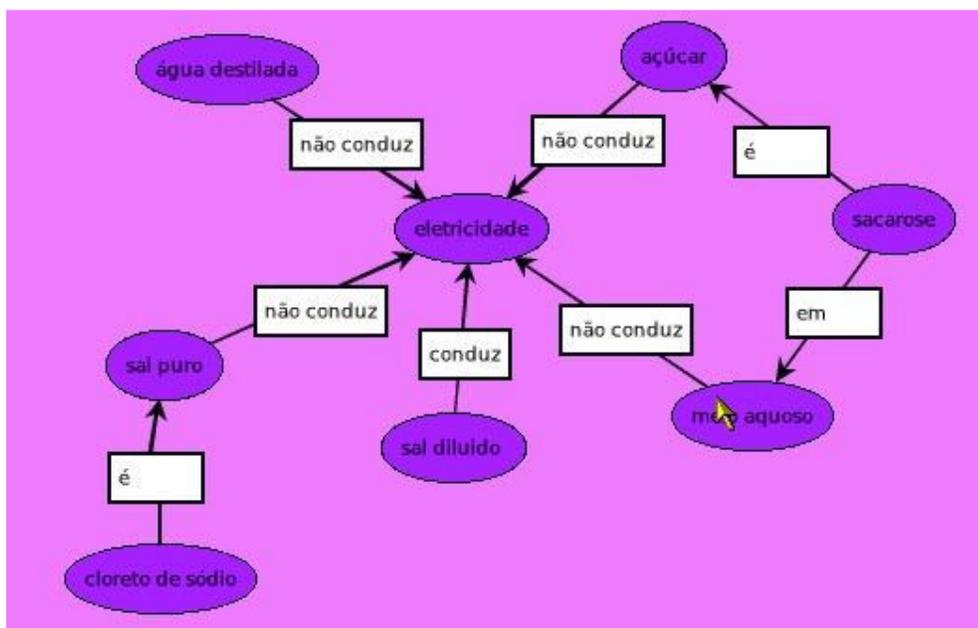


Figura 37 – Mapa conceitual elaborado pela aluna [TAT] após a produção do vídeo.

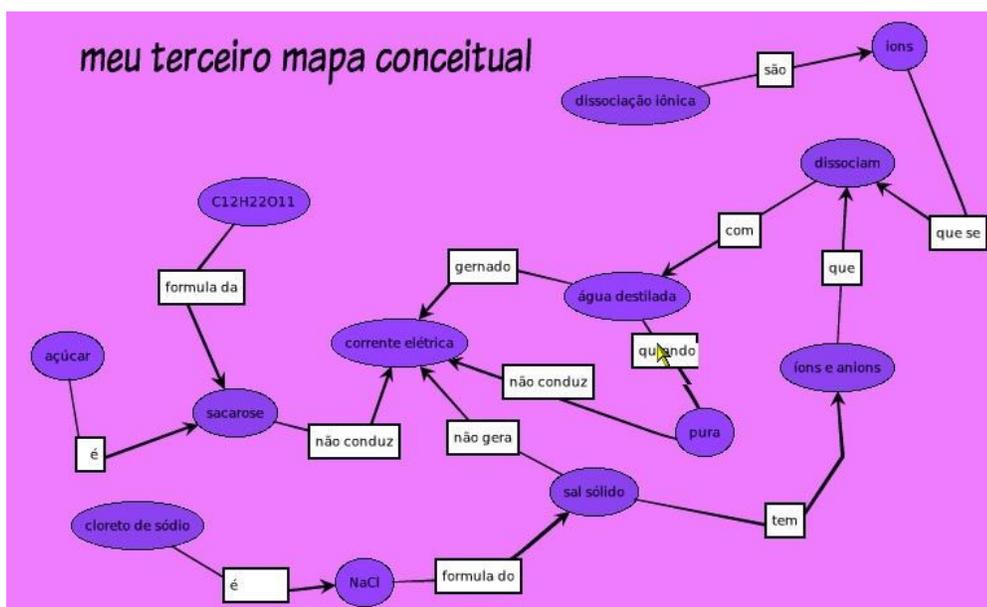


Figura 38 – Mapa conceitual elaborado pela aluna [TAT] após o modelo digital.

Nota-se uma considerável evolução das implicações significantes entre o segundo e o terceiro mapa da aluna [TAT]. Tal evolução é fruto das etapas da AP que oportunizam uma retomada aos conceitos estudados e às novas trocas com colegas, com o professor e, também, novas pesquisas e leituras de textos sobre o assunto. No mapa conceitual da figura 37 evidenciam-se abstrações empíricas e implicações do tipo local. No mapa da figura 38, no

entanto, as abstrações reflexionantes aparecem, tais como a presença de íons na estrutura do sal que, ao se dissociarem na água destilada, geram a corrente elétrica. Questionada pelo pesquisador se estas novas relações de íons em meio aquoso foram lembranças de estudo anteriores, a aluna responde que antes era *“tudo meio sem sentido para mim. Foram nas atividades práticas e na simulação que agora deu para entender bem o que se trata a dissociação”*. Questionada sobre ter colocado “moléculas” na representação digital, ao invés de íons, ela afirma que *“depois da etapa do Squeak procurou mais detalhes para resolver algumas dúvidas que ainda possuía. Entendi agora a diferença entre moléculas e íons”*. Este fato reforça o que se afirmou anteriormente, ou seja, que a AP proposta permite constantes interações e novas reflexões sobre os conceitos. Segundo [TAT], ela *“possuía algumas informações parciais sobre o fenômeno, mas as etapas da oficina lhe proporcionaram uma possibilidade de juntar as idéias”*.

4.5 A Entrevista Clínica e a Retomada dos Mapas Conceituais

Um momento final da coleta de dados permitiu ao pesquisador novas entrevistas clínicas com alguns alunos utilizando o programa *CmapsTools*. Como este *software* apresenta uma ferramenta que permite gravar as mudanças dos mapas na medida em que o sujeito é questionado sobre as implicações apresentadas, os alunos puderam rever e ampliar as relações entre os conceitos parciais de seu mapa conceitual. Tal recurso facilita a observação dos mecanismos cognitivos que o sujeito utiliza ao modificar as relações, apresentando novas implicações significantes.

Vamos evidenciar o que ocorre na entrevista clínica com o aluno [LEO], partindo de seu mapa conceitual apresentado na figura 39.

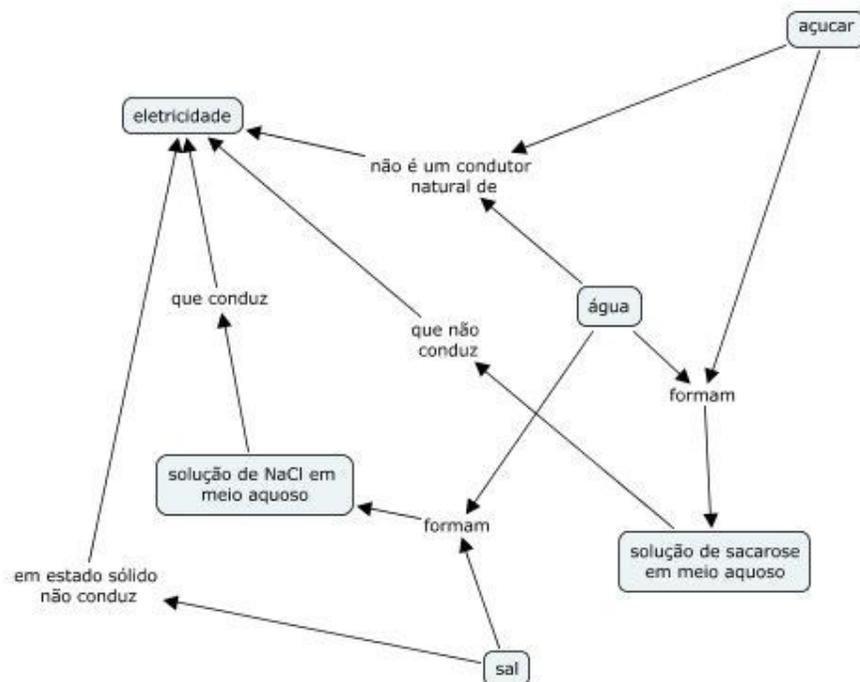


Figura 39 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [LEO] após o modelo digital.

O aluno [LEO] havia confeccionado seu terceiro mapa conceitual utilizando o ambiente *Squeak-Etoys*. Ele foi convidado a reproduzir esse mapa utilizando o *software CmapsTools*, cujo resultado é apresentado na figura 39.

O pesquisador questiona o aluno sobre sua implicação local onde afirma que “o açúcar não é um condutor natural de eletricidade”. [LEO] diz que “verificou isso na atividade experimental”. O pesquisador então solicita que [LEO] coloque esta afirmação no mapa. O aluno acrescenta, então, a relação entre os conceitos açúcar e experimento. A implicação registrada por [LEO] fica: “o açúcar não é um condutor natural de eletricidade, pois foi verificado em um experimento”. O pesquisador questiona sobre qual a evidência no experimento que o levou a concluir este fato. O aluno informa que foi utilizando um aparelho de condução de corrente elétrica. “O que foi observado com o aparelho”, pergunta o pesquisador. [LEO] diz que “a lâmpada do aparelho não acendeu”. Então ele registra esta relação em seu mapa conceitual. “Em todas as situações a lâmpada não acendeu”, questiona o pesquisador. “Não”, responde o aluno, “ela acendeu quando o aparelho foi colocado na solução aquosa de sal de cozinha”. [LEO] é solicitado a colocar estas relações em seu mapa.

Dessa forma, o pesquisador vai questionando o aluno e fazendo com que ele realize as abstrações necessárias, empíricas e reflexionantes, para ampliar as implicações significantes em seu mapa. O aluno [LEO] por meio de coordenações inferenciais vai buscando as respostas aos questionamentos do pesquisador que acompanha os processos cognitivos do aluno. Após vários questionamentos o mapa de [LEO] se amplia e apresenta as implicações locais e sistêmicas observadas na figura 40. O gravador do *CmapsTools* aponta para cerca de 190 passos efetuados por [LEO] para chegar ao mapa considerado como sendo final para o momento. Embora o aluno ainda não apresente a conceituação completa para substâncias iônicas e covalentes, apresentando, também, algumas assimilações deformantes, as etapas da AP e os questionamentos do pesquisador durante a entrevista clínica levaram [LEO] a algumas abstrações refletidas, após regulações e compensações realizadas durante o processo. Ele não precisou repetir o experimento ou assistir ao filme novamente. Precisou apenas de coordenações inferenciais e algumas tomadas de consciência para chegar ao mapa a seguir.

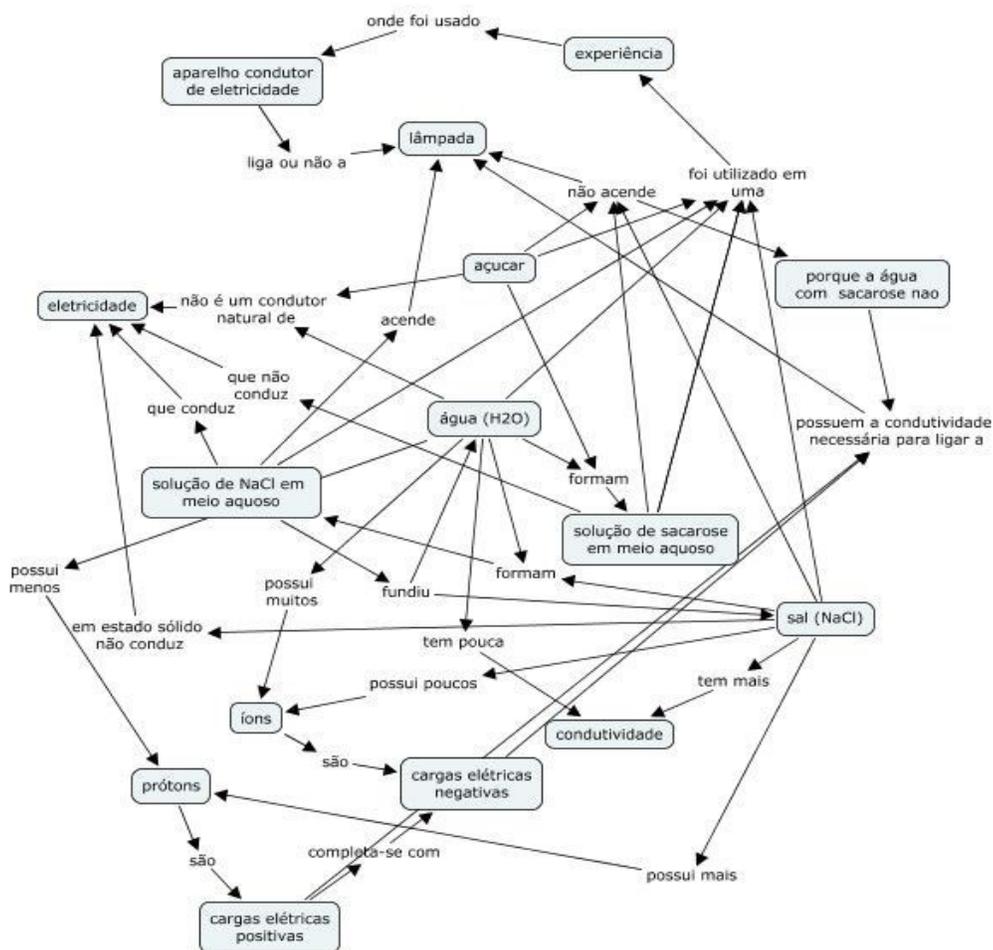


Figura 40 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [LEO] após a entrevista clínica.

Outro exemplo foi a entrevista com o aluno [BRE] sobre seu mapa conceitual que relaciona a reação de metais com o ácido clorídrico. Na figura 41 é apresentado seu mapa antes da entrevista clínica, confeccionado após a produção de sua representação digital.

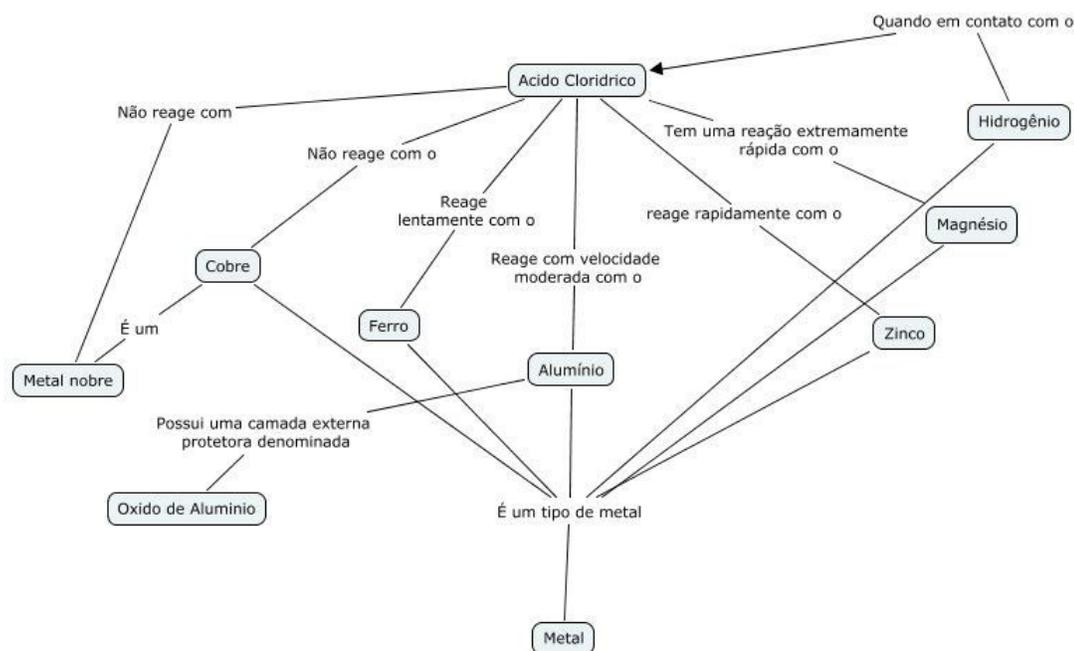


Figura 41 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] antes da entrevista clínica.

Nota-se que o aluno [BRE] apresenta este seu novo mapa conceitual, elaborado após a produção de seu modelo digital, com algumas modificações em relação aos seus mapas anteriores, cuja análise foi apresentada nas páginas 84 e 85. Em um primeiro questionamento, foi apontado ao aluno que não estava claro em seu mapa a relação existente entre o ácido clorídrico e o hidrogênio. O aluno então responde que o gás é liberado quando da reação do metal com o ácido. Outro questionamento foi sobre de forma ele evidenciou a liberação deste gás. [BRE] responde que é na forma de bolhas. Apesar de ser uma abstração empírica retirada dos observáveis da experiência, o aluno teve que lembrar este fato o que evidencia uma assimilação em seu sistema de significações. Questionado sobre se os metais reagiram da mesma forma liberando bolhas, [BRE] afirma que “*reagem de maneiras diferentes, uns liberando mais bolhas de gás que outros e até um que não reagia no caso o cobre*”. O aluno foi informado que isto não estava evidente em seu mapa. [BRE] então acrescenta estes detalhes, o que demonstra que abstrações reflexionantes foram executadas em seu processo cognitivo e as implicações significantes que antes eram apenas do tipo local, passam a ser sistêmicas e estruturadas. O aluno foi questionado sobre o que seria um metal nobre, uma vez

que ele exemplificou com a relação entre o cobre que não reagiu com o ácido clorídrico. Ele então informa que isto tem haver com a pouca reatividade de certos metais com os ácidos. Perguntado se metais nobres reagem com algum outro ácido que não o clorídrico, ele se lembra de ter lido na *Internet* que o cobre reagia com o ácido nítrico. Do mesmo modo respondeu que na sua leitura “o alumínio apresentava uma película externa de óxido de alumínio que dificultava a reação com o ácido clorídrico e por esse motivo a reação era lenta”. Questionado se ou outros metais tinha essa película o aluno não soube informar. Esse fato mostra que as implicações apresentadas tinham como fundo as informações sobre o comportamento dos metais, caracterizando, assim, que [BRE] apenas estava realizando abstrações empíricas para estes fenômenos e não tinha conceitos consolidados.

O resultado final para esse processo de conceituação vivenciado pelo aluno [BRE] é o mapa modificado apresentado na figura 42.

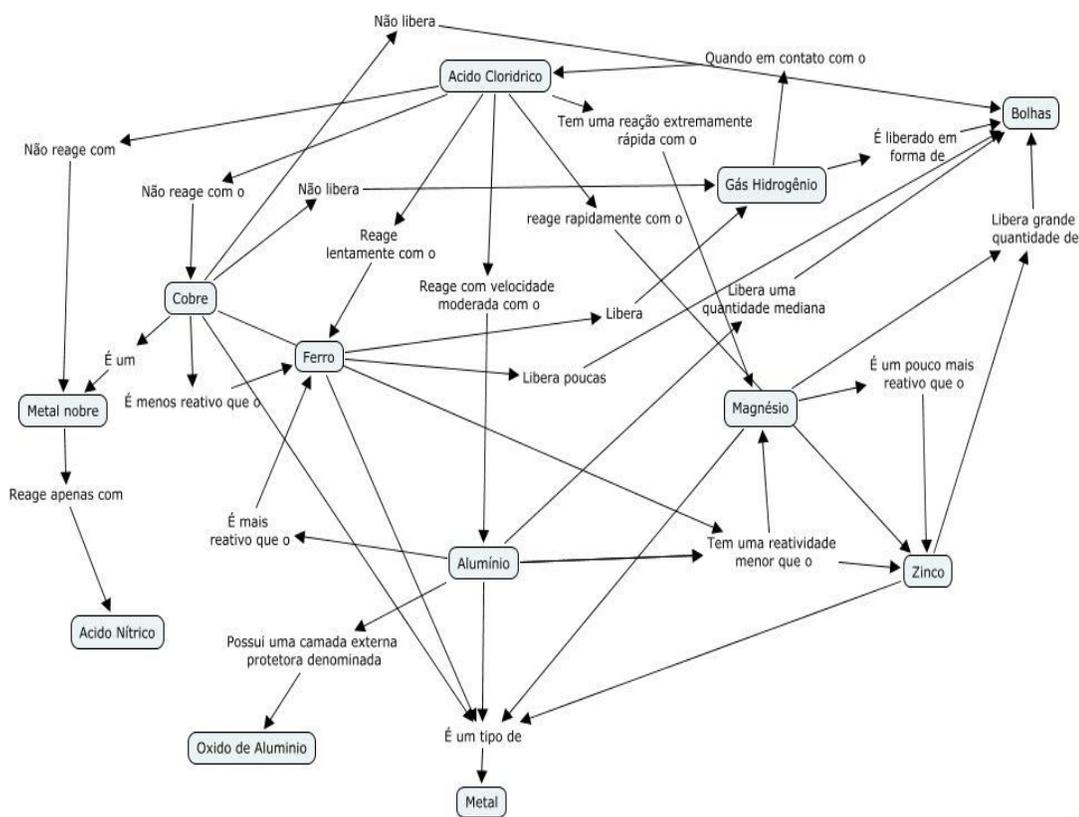


Figura 42 – Mapa conceitual elaborado pelo aluno [BRE] ao final da entrevista clínica.

Os conceitos químicos ainda não são completos e consolidados, mas já é possível afirmar que as etapas da arquitetura construída pelo pesquisador permitiram aos sujeitos um processo que, ao buscar na utilização das tecnologias de informação e comunicação, juntamente com a intervenção do professor, o faz refletir sobre as causas dos fenômenos observados. É possível prever que novas sequências de atividades produzidas pelos professores, assim como novas arquiteturas construídas poderão ampliar e consolidar os conceitos ao longo do constante processo de formação dos alunos.

5. Conclusões e Considerações Finais

A pesquisa realizada até aqui foi longa e permeada por várias atividades e inúmeras interações. A partir do ingresso no PGIE, muitos desequilíbrios ocorreram nos sistemas de significações e mecanismos de ações do pesquisador. Desenvolver uma tese em Informática na Educação requer novas aprendizagens a cada dia e muitas desconstruções de conceitos e paradigmas acomodados em nossa mente. A cada disciplina ou seminário avançado, novas idéias e muitos debates contribuíram para que abstrações refletidas fossem estabelecidas. Aprender desde “Computação Afetiva” até a escrita final da tese, passando por “Introdução à Inteligência Artificial”, “A Neurociência do Processo Ensino-aprendizagem”, “Modelos Pedagógicos para Necessidades Complexas de Conteúdo Científico e Tecnológico”, “Aprendizagem e Conhecimento a partir de Piaget”, “Bases Teóricas como Apoio à Programação de Ambientes Digitais e seus Objetos para a Construção de Conhecimentos pelo Sujeito”, “Teleducação”, entre tantos outros seminários avançados e disciplinas, só podem causar desequilíbrios e muitas regulações e compensações. Desse modo, este autor se considera apto a iniciar um trabalho com Informática na Educação com seus alunos do Ensino Médio.

A Arquitetura Pedagógica construída e validada nessa pesquisa certamente servirá de apoio para as mudanças necessárias em nossos processos de aprendizagem com os estudantes da Educação Básica.

Retomando o problema inicial “Como uma arquitetura pedagógica, elaborada com a produção de vídeos e modelos de experimentos químicos em ambiente digital, pelos alunos, pode contribuir na construção de conceitos em Química e quais mecanismos cognitivos apontados pela Epistemologia Genética estão envolvidos no processo dessas produções?”, verifica-se que a trajetória da pesquisa não seria curta. Foram pelo menos quatro semestres de intensas atividades com os alunos em diferentes momentos e etapas. Desde a fase inicial com o estudo piloto em 2007 até a conclusão da pesquisa em 2009, uma gama enorme de abstrações e acomodações acompanhou o pesquisador.

A construção da AP levou em consideração as novas tecnologias da informação e comunicação em sintonia com o desejo dos alunos em utilizar os recursos e as mídias e, também, as necessidades de se promover uma aprendizagem em Química que fosse cientificamente comprovada. A Epistemologia Genética de Piaget proporcionou a fundamentação teórica pertinente e adequada aos objetivos propostos.

Assim, foi possível identificar nas análises uma construção conceitual que, embora parcial e incompleta por parte dos estudantes, apresenta muitas abstrações refletidas, fruto das coordenações inferenciais vivenciadas por eles no processo. Quando, por exemplo, se analisa o mapa conceitual final do aluno [PED], figura 43, elaborado após a realização das etapas da Arquitetura Pedagógica, comparando-o com o primeiro mapa de [PED], figura 44, pode-se notar uma evolução em sua construção conceitual.

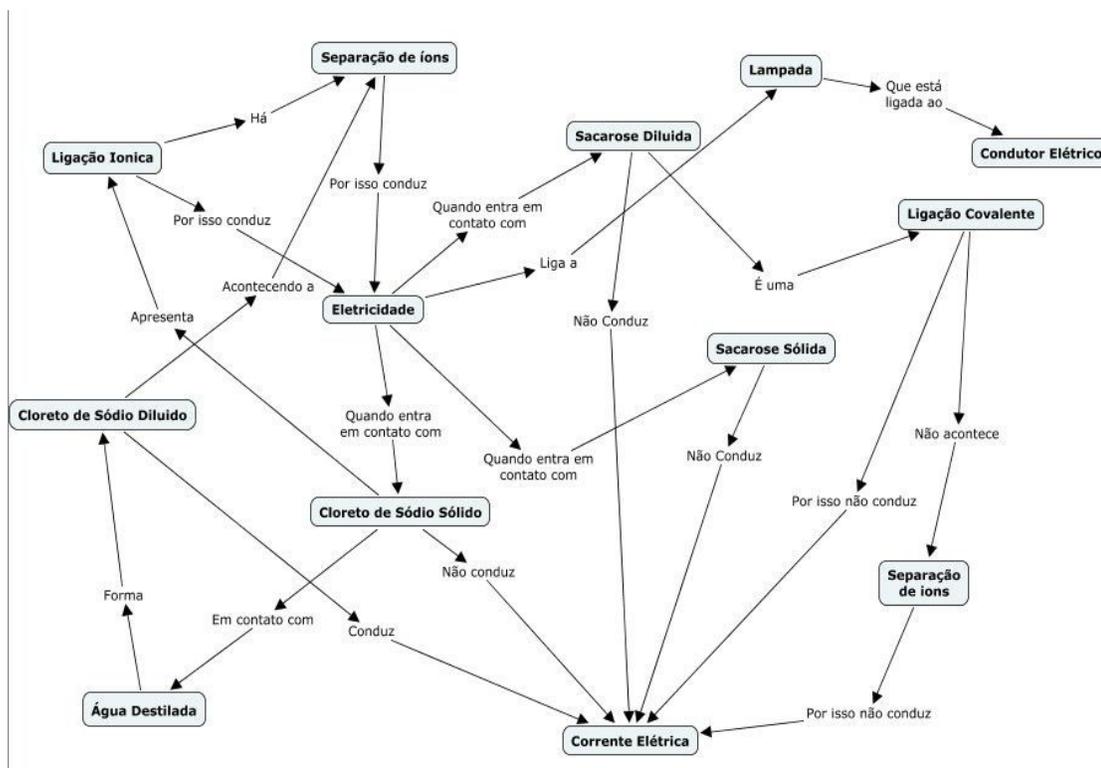


Figura 43 – Mapa conceitual final elaborado pelo aluno [PED] após as etapas da AP.

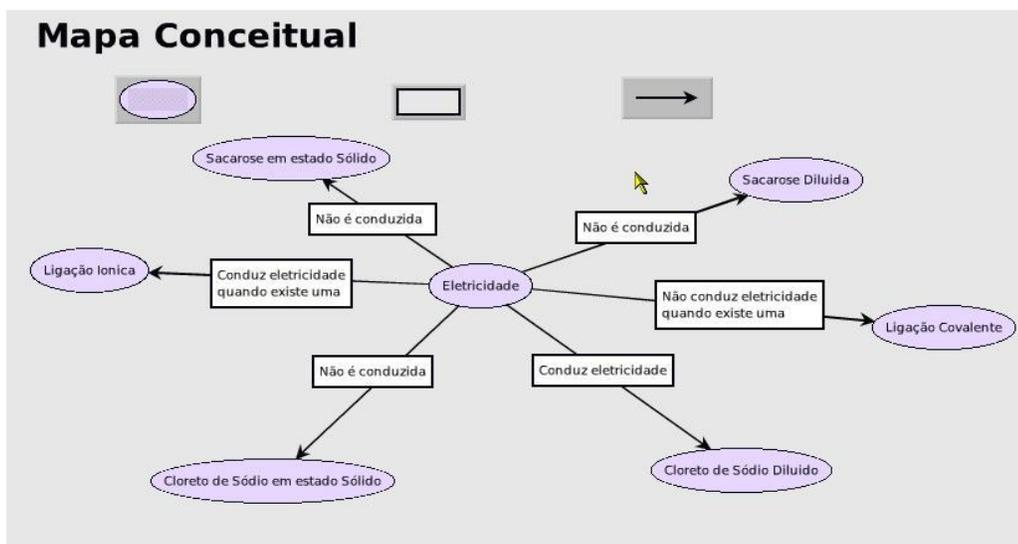


Figura 44 – Primeiro mapa conceitual elaborado pelo aluno [PED] no início da oficina.

No mapa final são observadas implicações sistêmicas e estruturais que foram construídas após várias coordenações inferenciais e tomadas de decisão. Nota-se que o aluno [PED], demonstra uma maior compreensão sobre fenômeno da condução de corrente elétrica em substâncias quando sólidas ou em meio aquoso. Sua conceituação inclusive envolve conceitos abstratos, como a separação de íons, o que só é possível por meio de abstrações reflexionantes. Seu mapa inicial só apresenta abstrações empíricas retiradas dos observáveis da atividade experimental, ligando-as com alguns conceitos teóricos que ouviu falar nas aulas sobre ligações químicas. Na fase inicial, só lembrava-se dos nomes, sem compreender bem o fenômeno. No entanto, ao final do processo é possível notar que [PED] compreende o que ocorre e sabe explicar o fenômeno usando seus sistemas de significações.

Quando os conceitos químicos são trabalhados de forma a proporcionar desequilíbrios, reflexões e regulações no sujeito ele irá compreendê-los com o passar do tempo. Se os conceitos forem apenas transmitidos ou informados ele irá retê-los por um determinado tempo, mas logo os esquecerá e não saberá relacioná-los com outros fatos observados em seu cotidiano.

Assim, a Arquitetura Pedagógica construída, validada e fundamentada pela Epistemologia Genética pode servir de orientação para que os professores possam rever suas práticas pedagógicas. A teoria de Piaget oferece conhecimento ao pesquisador, pois ela foi elaborada cientificamente a partir de inúmeros experimentos e análises, tanto qualitativas como quantitativas, bem como o rigor e o cuidado necessário ao emitir suas conclusões. Tal

fato pode ser evidenciado ao se ler sua imensa obra de modo mais profundo. Talvez por conhecerem a obra de Piaget de maneira superficial ou a terem lido pelo “olhar” de outros, muitos pesquisadores não se interessam por utilizar a Epistemologia Genética para explicar os processos cognitivos. Com o avanço da neurociência e dos estudos da mente poderemos, em um futuro breve, relacionar os mecanismos cognitivos descritos por Piaget e as inúmeras sinapses que nosso cérebro realiza a todo o momento. Este pesquisador acredita em uma educação que seja interativa e não apenas informativa.

Outra importante evidencia da pesquisa se refere ao uso dos recursos digitais para o registro das atividades e para a avaliação do processo. Os registros em ambiente digital promovem a interação entre o professor, o aluno e seus colegas. A utilização das mídias torna os fenômenos mais próximos da compreensão. A produção dos vídeos, bem como a dos modelos digitais, favorece a auto-estima e a autoria dos estudantes e não os limita a serem meros espectadores. São agora produtores de seu conhecimento. Os vídeos produzidos podem, também, servir para outros sujeitos iniciarem seus processos de construção conceitual. Elaborados de maneira simples e com recursos de imagem e som adequados poderão ser fortes aliados na aprendizagem ao estimular os mecanismos cognitivos do sujeito. Se *sites* como o *Youtube*, *Orkut*, *Twitter*, entre tanto outros, atraem as pessoas com seus recursos digitais, porque não oferecer algo semelhante para que elas aprendam e ampliem os seus sistemas de significações sobre fenômenos físicos, químicos e biológicos. Imagine um sujeito que trabalha durante o dia e estuda à noite, deslocando-se em seu transporte coletivo, assistindo atividades experimentais em seus celulares e aparelhos de multimídia portáteis para estimular as interações com os colegas e o professor em sua aula. Poderá, utilizando seu *netbook*¹⁹ ligado à *Internet*, registrar seus conceitos e mapas e enviá-los para seu professor por mensagem eletrônica ou, ainda, postá-los em um ambiente de aprendizagem colaborativa.

Os registros dos alunos, tais como o relatório digital apresentado na página 71 e a “*storyboard*” da página 83 exemplificam o que pode ser feito com as tecnologias disponíveis. Estes registros poderão ser avaliados pelo professor, socializados com os colegas da turma e, finalmente, oferecer ao estudante um processo onde ele possa organizar, rever e ampliar sua construção conceitual.

¹⁹ Netbook é a denominação utilizada para os microcomputadores portáteis com telas pequenas com cerca de 10 polegadas.

O uso do ambiente *Squeak-Etoys* demonstrou que é possível analisar as implicações significativas realizadas pelos alunos durante as entrevistas e ao longo do processo. Tal conhecimento possibilitará aos educadores a reflexão, a retomada e a proposição de novos caminhos, a inovação nos métodos pedagógicos na busca de melhores intervenções/orientações durante o processo de construção dos conceitos de seus aprendizes. As complexas relações entre as proposições estabelecidas nos *scripts* programados pelo aluno, para que as apresentações e modelos digitais representem um determinado fenômeno, demonstram o grau de compreensão dele sobre os conceitos envolvidos. Esse fato permitirá a avaliação das mudanças de suas condutas que indiquem a melhoria na qualidade do processo de aprendizagem na busca de soluções aos problemas formulados pelo próprio aprendiz.

Um “Ensino Médio Inovador” não pode abrir mão de processos de aprendizagem sem o uso das tecnologias e das novas mídias disponíveis. Os relatos dos sujeitos dessa pesquisa apontam para a satisfação que tiveram ao trabalhar com os recursos digitais. Desse modo, além de aprender conceitos, os estudantes aprendem a utilizar novas ferramentas e novos ambientes digitais, proporcionando-lhes a inclusão na sociedade da informação.

“*Informação eu busco na Internet, mas compreender os fenômenos só na prática (ação)*”, disse a maioria deles ao final do estudo piloto e da oficina. O produto dessa tese será de grande valia para os professores em suas pesquisas e planejamentos de novas ações. Os procedimentos descritos pelos PCN’s requerem uma atenção especial no planejamento das atividades. Não basta reproduzir fatos ou fenômenos, mas sim proporcionar arquiteturas pedagógicas aos estudantes de modo que os mesmos possam construir e reconstruir seus sistemas de significações, estabelecendo conceitos adequados aos fenômenos observados. Fazer e compreender se torna fundamental para que as ações dos sujeitos possam servir como alavanca na sua formação intelectual e na de cidadão comprometido com uma sociedade melhor. Seus juízos de valores são construídos dessa forma.

Concordo com Piaget (1994) quando ele afirma:

Mas a pedagogia está longe de ser uma simples aplicação do saber psicológico. Sem falar da questão dos objetivos da educação, é evidente que, mesmo no que se refere aos processos técnicos, cabe só a experimentação e não a dedução, mostrar-nos se os processos tais como o método do trabalho em grupos e do *self-government* têm um valor real. (Piaget, 1994, pág.301).

Desse modo, se não experimentarmos novas estratégias e analisá-las com o devido cuidado científico, poderemos estar apenas criando alternativas vazias e pouco eficazes.

O processo vivenciado até aqui mostra que é possível propor inovações ao Ensino Médio no Brasil. Projetos tais como o “UCA”, que pretende inovar com a utilização do computador na modalidade 1:1 (um para um) podem utilizar esta AP com seus alunos, não somente na química, mas também nas outras áreas do conhecimento. O equipamento proposto para o projeto com os estudantes apresenta as condições de *hardware* e *software* para a realização das atividades proposta nessa pesquisa. As etapas e estratégias propostas na Arquitetura Pedagógica construída para esta pesquisa não são, de maneira alguma, fixas ou definitivas. Elas são flexíveis e devem ser adaptadas às necessidades dos professores e alunos conforme as características e necessidades observadas nas interações. Nesta pesquisa, as etapas escolhidas se mostraram eficientes e promotoras de um processo cognitivo que permitiu a construção, ainda que parcial, de conceitos químicos importantes para a compreensão dos fenômenos vivenciados. A consolidação destes se dará ao longo do tempo, com novas provocações e desequilíbrios dos sistemas conceituais e de ações de cada sujeito.

Para finalizar, o autor desta tese coloca à comunidade científica e aos gestores de políticas públicas um exemplo de trabalho, consubstanciado na Epistemologia Genética, e que pode ser implantado em nossas escolas de Ensino Médio. A pesquisa mostra, também, a necessidade dos educadores de apresentarem uma sólida e consistente formação para saberem identificar as implicações significantes realizadas pelos alunos, assim como os mecanismos cognitivos apresentados por eles nos processos de aprendizagem. Não basta ser um generalista superficial. O professor deve buscar a fundo conhecer os objetos de estudo e os conceitos de sua área do conhecimento. Não é possível concordar quando os gestores simplificam as políticas públicas para permitir que, por exemplo, um professor de Biologia possa trabalhar outras disciplinas como a Química, a Física ou a Matemática com seus alunos no Ensino Médio. Ele certamente poderá preparar boas apresentações e indicações de textos para informar seus alunos. No entanto, se elaborasse seu material juntamente com seus colegas professores, onde todos possuam uma sólida formação dos conceitos pertinentes às suas áreas de conhecimento, um trabalho pedagógico mais efetivo poderá executado com os estudantes.

O autor dessa tese pretende, em trabalhos e pesquisas futuras com os seus alunos, continuar na busca das possíveis utilizações dos recursos digitais disponíveis e dos que ainda serão criados, frutos das abstrações reflexivas do sujeito da sociedade da informação e comunicação.

6. BIBLIOGRAFIA

- BECKER, Fernando. **Educação e Construção do Conhecimento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.
- BRASIL. Ministério da Educação e Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: SEMTEC, 1998. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>
- BREIER, Adalberto, ELY, Claudete R., LINDNER, Edson L. *Ensino de Química no Colégio de Aplicação: um processo de reestruturação curricular*. In **Cadernos do Aplicação**. Vol. 16. Número 1. p.57-67. Jan./Jun./2003. Porto Alegre: UFRGS.
- CARVALHO, M.J. S., NEVADO, R.A., MENEZES, C.S., *Arquiteturas Pedagógicas para Educação a Distância: Concepções e Suporte Telemático*. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 2005, Juiz de Fora - MG. Workshop Arquiteturas Pedagógicas para Suporte à Educação a Distância Mediada pela Internet.
- DUTRA, Ítalo M. **Mapas conceituais no acompanhamento dos processos de conceitualização**. Tese de doutorado. PPGIE-UFRGS. Porto Alegre. 2006.
- FAGUNDES, Léa C., SATO, Luciane S., MAÇADA, Débora L. **Aprendizes do Futuro: as inovações começaram**. Coleção Informática para a mudança na Educação. MEC/SEED. Brasília. Documento eletrônico disponível em <http://mathematikos.psico.ufrgs.br/textos/aprender.pdf>. Acessado em 14/04/2005.
- HERRON, J.D. *Piaget for Chemists: Explaining What "Good" Estudants Cannot Understand*. **Journal of Chemical Education**. Easton, v. 52, nº3, p.14-50,mar.1975.
- LINDNER, E. L. ; MENEZES, Crediné S de ; LIRA, Antonio Fonseca de ; FERRETTI, Cláudio . *Aplicando Arquiteturas Pedagógicas em Objetos Digitais Interativos*. In **Revista Novas Tecnologias na Educação**, <http://www.cinted.ufrgs.br/ren>, v. 4, n. 2, 2006.
- _____, E. L. ; MENEZES, Crediné S de ; LIRA, Antonio Fonseca de ; FERRETTI, Cláudio . *ODAI - Objetos Digitais para Aprendizagem Interacionista*. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2006, Brasília**. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - Brasília, 2006. Brasília: Sociedade Brasileira de Computação, 2006. p. 257-266.
- MONTANGERO, Jacques; NAVILLE, Danielle M. **Piaget ou a Inteligência em Evolução**.

- Porto Alegre. Artes Médicas, 1998.
- PAPERT, Seymour. **A máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- PASSARELLI, Brasilina. **Teoria das Múltiplas Inteligências aliada à Multimídia na Educação: Novos Rumos Para o Conhecimento**. São Paulo. 2003. Documento eletrônico disponível em http://www.futuro.usp.br/producao_cientifica/artigos/multiplasintelig.pdf. Acessado em 10/05/2006.
- PIAGET, Jean et alii. **Abstração Reflexionante**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1995.
- _____, Jean. **A Equilíbrio das Estruturas Cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar. 1976.
- _____, Jean. **A Tomada de Consciência**. São Paulo: Edições Melhoramentos Editora da Universidade de São Paulo, 1978a.
- _____, Jean. **Biología y Conocimiento**. 11ª Edición. México. Siglo Veintiuno Editores, 1994.
- _____, Jean. **Epistemologia genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1970.
- _____, Jean. **Fazer e Compreender**. São Paulo: Edições Melhoramentos Editora da Universidade de São Paulo, 1978b.
- _____, Jean. **O Nascimento da Inteligência na Criança**. 4ª Ed. LTC Editora. Rio de Janeiro, 1987. 389 p..
- PIAGET, Jean. **O Juízo Moral na Criança**. São Paulo: Summus. 1994
- SCHNETZLER, Roseli P. *A pesquisa em ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas*. In **Química Nova**, maio 2002, vol. 25, supl.1, p. 14-24. Documento Eletrônico acessado em 20/09/2007. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/qn/v25s1/9408.pdf>
- SÁ FILHO, Clovis S.; MACHADO, Elian de Castro – **“O computador como agente transformador da Educação e o papel dos objetos de aprendizagem”**. 2004. Disponível em <http://www.universiabrasil.net/materia/materia.jsp?id=5939>, acessado em 10/05/2006.
- SQUEAKLANDBRASIL. **“Gênese do Squeak”**. Website em <http://squeaklandbrasil.org/home/index.htm> acessado em 08/04/2006. Modificado para <http://etoysbrasil.org/>
- YIN, Robert K. **Estudo de Caso. Planejamento e Métodos**. 2ª Edição. Porto Alegre. Bookman, 2001.

7.0 ANEXOS

1. Encaminhamentos da Coordenação Pedagógica do Colégio de Aplicação e autorização dos responsáveis pelos alunos participantes da pesquisa.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
COLÉGIO DE APLICAÇÃO – PORTO ALEGRE – RS
AV. BENTO GONÇALVES 9500 – PRÉDIO 43815 – CAMPUS DO VALE**

Srs. Pais ou Responsáveis

O Colégio de Aplicação, buscando aperfeiçoar os métodos didáticos empregados por nossos professores, vem desenvolvendo com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, pesquisas de desenvolvimento de métodos educacionais que façam frente às exigências cada vez maiores da Educação nos nossos tempos.

Encontra-se em andamento uma pesquisa realizada pelo Prof. Edson Luiz Lindner, doutorando no Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PGIE/UFRGS), orientada pela Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes e pelo Prof. Milton Antonio Zaro, que procura analisar o desenvolvimento dos processos cognitivos na formação de conceitos químicos em jovens do Ensino Médio. O método empregado nessa pesquisa é a entrevista com o aluno durante o desenvolvimento de tarefas cognitivas, utilizando o computador para a produção de vídeos e simulações de experimentos químicos. A finalidade da pesquisa é investigar os processos cognitivos presentes na construção de conceitos químicos e verificar quais as condições necessárias à metodologia e à produção de objetos digitais de aprendizagem para tornarem possíveis as inovações do Ensino de Química, bem como a tomada de consciência desses processos.

Gostaríamos de convidar seu/sua filho/filha a participar das atividades desenvolvidas na pesquisa, bem como pedir sua autorização para uso da fala e/ou imagem de seu/sua filho/filha. Esses registros serão colhidos durante as atividades na disciplina de Enriquecimento Curricular 2007/02, com finalidade unicamente acadêmica e baseada nas práticas usuais de registro (gravação sonora e visual, armazenadas em CD ou DVD). Esses registros estarão disponíveis a qualquer pessoa autorizada pelo pai ou responsável e/ou direção do Colégio de Aplicação da UFRGS. Sua autorização é imprescindível para a validação dos dados frente ao comitê de ética da instituição acadêmica.

Atenciosamente,



Chefe do Núcleo de Apoio ao Ensino

Profa. Lúcia Couto Terra

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
COLÉGIO DE APLICAÇÃO – PORTO ALEGRE – RS
AV. BENTO GONÇALVES 9500 – PRÉDIO 43815 – CAMPUS DO VALE**

Srs. Pais ou Responsáveis

O Colégio de Aplicação, buscando aperfeiçoar os métodos didáticos empregados por nossos professores, vem desenvolvendo com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, pesquisas de desenvolvimento de métodos educacionais que façam frente às exigências cada vez maiores da Educação nos nossos tempos.

Encontra-se em andamento uma pesquisa realizada pelo Prof. Edson Luiz Lindner, doutorando no Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PGIE/UFRGS), orientada pela Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes e pelo Prof. Milton Antonio Zaro, que procura analisar o desenvolvimento dos processos cognitivos na formação de conceitos químicos em jovens do Ensino Médio. O método empregado nessa pesquisa é a entrevista com o aluno durante o desenvolvimento de tarefas cognitivas, utilizando o computador para a produção de simulações de experimentos químicos e registro em Blog Educacional no ambiente virtual do LEAD-Cap. A finalidade da pesquisa é investigar os processos cognitivos presentes na construção de conceitos químicos e verificar quais as condições necessárias à metodologia e à produção de objetos digitais de aprendizagem para tornarem possíveis as inovações do Ensino de Química, bem como a tomada de consciência desses processos.

Gostaríamos de convidar seu/sua filho/filha a participar das atividades desenvolvidas na pesquisa, bem como pedir sua autorização para uso da fala e/ou imagem de seu/sua filho/filha. Esses registros serão colhidos durante as atividades realizadas nas quartas-feiras entre março e julho de 2008, das 13h30min às 16 horas, no Laboratório de Informática do Colégio de Aplicação com finalidade unicamente acadêmica e baseada nas práticas usuais de registro (gravação sonora e visual, armazenadas em CD ou DVD). Esses registros estarão disponíveis a qualquer pessoa autorizada pelo pai ou responsável e/ou direção do Colégio de Aplicação da UFRGS. Sua autorização é imprescindível para a validação dos dados frente ao comitê de ética da instituição acadêmica.

Atenciosamente,


Chefe do Núcleo de Apoio ao Ensino
Prof. Lúcia Couto Terra

Modelo Autorização Estudo Piloto – As autorizações dos pais/responsáveis dos alunos envolvidos na pesquisa encontram-se arquivadas pelo autor desta tese.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
COLÉGIO DE APLICAÇÃO – PORTO ALEGRE – RS
AV. BENTO GONÇALVES 9500 – PRÉDIO 43815 – CAMPUS DO VALE**

AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, **autorizo meu filho/filha** _____ a participar das atividades de pesquisa acadêmica desenvolvida no Colégio de Aplicação da UFRGS, intitulada PROCESSO DE APRENDIZAGEM EM QUÍMICA POR MEIO DA PRODUÇÃO DE VÍDEOS E PROGRAMAÇÃO DE SIMULAÇÕES EM SQUEAK, A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS, bem como o uso de sua fala e/ou imagem **UNICAMENTE com fins acadêmicos, sendo vedado qualquer outro tipo de utilização.**

Porto Alegre, _____ de _____ de
2007.

–
pai ou responsável

Modelo Autorização – Fase 2 - As autorizações dos pais/responsáveis dos alunos envolvidos na pesquisa encontram-se arquivadas pelo autor desta tese.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
COLÉGIO DE APLICAÇÃO – PORTO ALEGRE – RS
AV. BENTO GONÇALVES 9500 – PRÉDIO 43815 – CAMPUS DO VALE**

AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, **autorizo meu filho/filha** _____ a participar das atividades de pesquisa acadêmica desenvolvida no Colégio de Aplicação da UFRGS, intitulada **ELABORANDO PROJETOS E SIMULAÇÕES DIGITAIS NO AMBIENTE DE AUTORIA SQUEAK-ETOYS**, bem como o uso de sua fala e/ou imagem **UNICAMENTE com fins acadêmicos, sendo vedado qualquer outro tipo de utilização.**

Porto Alegre, _____ de _____ de 2008.

pai ou responsável

Modelo Autorização – Oficina com alunos de Escola Estadual de Viamão - As autorizações dos pais/responsáveis dos alunos envolvidos na pesquisa encontram-se arquivadas pelo autor desta tese.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
COLÉGIO DE APLICAÇÃO – PORTO ALEGRE – RS
AV. BENTO GONÇALVES 9500 – PRÉDIO 43815 – CAMPUS DO VALE**

AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, **autorizo meu filho/filha** _____ a participar das atividades de pesquisa acadêmica desenvolvida no Colégio de Aplicação da UFRGS, intitulada PROCESSO DE APRENDIZAGEM EM QUÍMICA POR MEIO DA PRODUÇÃO DE VÍDEOS E SIMULAÇÕES NO AMBIENTE DIGITAL SQUEAK-ETOYS, A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS, bem como o uso de sua fala e/ou imagem **UNICAMENTE com fins acadêmicos, sendo vedado qualquer outro tipo de utilização.**

Porto Alegre, _____ de _____ de 2009.

pai ou responsável

2. Registros dos Blogues no Ambiente Açai do LeadC@p²⁰

²⁰ Disponível em www.lead.cap.ufrgs.br/acai.

Postagens publicadas

Sexta-Feira, 13 de Julho de 2007

 [editar](#)

Produzindo vídeos e simulações em Química.

Olá Pessoal.
Nesse blog irei postar os relatos de minhas experiências com a aprendizagem em Química, utilizando os recursos de informática educativa. Uma previsão de cronograma de atividades com alunos do Colégio de Aplicação da UFRGS pode ser acessado no arquivo em anexo.
Vamos ao trabalho.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 31.07.2007 às 10:07 [Comente!](#)

→ arquivos anexados:



Blog do Bruno

 [ver todos](#)

Terça-Feira, 11 de Dezembro de 2007

Avaliação

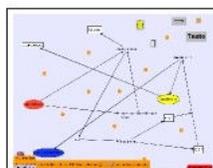
O trabalho de enriquecimento curricular é um trabalho bem complexo, mas também muito bom. Aprendi muitas novas maneiras de gravações, vídeos e simulações digitais. Foi muito bom, apesar de eu não ter me empenhado muito, gostei de utilizar esses programas.

Atualizado por: [Bruno Balthazar](#) em 11.12.2007 às 13:42 [Comente!](#)

Terça-Feira, 04 de Dezembro de 2007

Mapa conceitual Indicadores - versão 2

O mapa conceitual versão 2, mostra ácidos e bases reagindo com substâncias. Estas substâncias são: FENOLFTALEINA e AZUL DE BROMOTIMOL.



Meu Perfil



Bruno Balthazar

Viamão - RS
Participante desde:
14:27:20
04/09/2007

Interesses

Meus interesses no açaí, é apresentar trabalhos em, vídeos e simulações digitais em química.

[esconder painel](#) 

Minhas Comunidades



[Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

[esconder painel](#) 

Minhas Imagens

Não há imagens anexadas.

Produzindo Vídeos e Simulações em Química

ver todos
novos

Segunda-Feira , 17 de Dezembro de 2007 editar

FILMES PRODUZIDOS

Aqui você tem os "links" (atalhos) para os vídeos produzidos pelos alunos. Você poderá assisti-los e registrar suas percepções e idéias sobre os fenômenos químicos apresentados.

A idéia do vídeo é proporcionar aos alunos que não têm acesso à laboratório de práticas uma visão do fenômeno ocorrido, permitido coletar dados visuais sobre o mesmo.



Indicadores ácido- base:
http://br.youtube.com/watch?v=_ZNk-ltFpMI
 Reação ácido clorídrico e metais.
<http://br.youtube.com/watch?v=vR67HPSWaQw>

Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 17.12.2007 às 10:12 [Comente!](#)

Comunidade

Atividade Interdisciplinar

Motivação
 Pesquisar como as novas Tecnologias da informação e Comunicação podem auxiliar nos processos de aprendizagem de conceitos químicos.

Finalidade
 Verificar como a produção de vídeos e simulações de atividades experimentais atuam no processo de aprendizagem de conceitos químicos. Produzir vídeos e simulações que ficarão disponíveis na Internet. Efetivar trocas de experiências entre alunos do Aplicação e da E.E. Luciana de Abreu com a produção de simulações em Squeak.

Objetivos, estratégias e critérios de avaliação
 Ver cronograma no Blog do Prof. Edson Lindner.

Responsáveis:
[Bruno Balthazar](#)
[Edson Luiz Lindner](#)
[Laura Xavier da Costa](#)
[Nathalia Bianchini Esper](#)
[Natália Vieczorek](#)

Acessado: 233 vez(es)
Criada em: 10:18:02 14/08/2007

Laura Xavier da Costa

ver todos

Terça-Feira , 11 de Dezembro de 2007

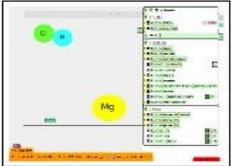
Auto-avaliação

No Enriquecimento Curricular Produzindo Vídeos e Simulações em Química aprendemos a mexer em programas como Squeak e Movie Maker. Durante esses meses fizemos experiências entre ácidos e metais que foram filmadas e posteriormente transformadas em filmes. No Squeak fizemos simulações e mapas conceituais. Esse foi um E.C. bem diferente. Gostei dessa nova experiência.

Atualizado por: [Laura Xavier da Costa](#) em 11.12.2007 às 13:40 [Comente!](#)

Simulação esquemática magnésio + HCl

Simulação da reação de magnésio + HCl.



Meu perfil



Laura Costa

Porto Alegre - RS
 Participante desde:
 13:29:09
 21/08/2007

Interesses

O meu interesse em produzir um Blog no Apai é dividir com os demais internautas as minhas experiências e os meu aprendizados de aula.

[esconder painel](#)

Minhas Comunidades



[Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

[esconder painel](#)

Minhas imagens

Não há imagens anexadas.

Blog da Naah!

[ver todos](#)

Terça-Feira , 11 de Dezembro de 2007

Avaliação do trabalho realizado no E.C.

Nesse enriquecimento curricular, pude compreender e aprofundar as minhas observações das aulas de química. Quando comecei com o E.C., nós estávamos aprendendo exatamente o mesmo assunto da experiência que eu e a minha dupla resolvemos filmar e editar um vídeo. Com as filmagens, pude por várias vezes perceber a importância da química para o nosso dia-a-dia. Aprendi também a usar 'novas tecnologias', como o Windows Movie Maker, o Squeak e o Cmap Tools.

As simulações das reações foi muito engraçado fazer, pois um detalhe que a gente esquecesse de colocar, já mudava toda a simulação. Acredito que foram muito proveitosas as aulas, não pelo grupo ser pequeno, mas porque tudo o que se aprende de novo, se leva para a vida toda. E eu tenho certeza de que o que aprendi no enriquecimento curricular de química, vou levar para o resto da minha vida, principalmente os programas que eu aprendi a usar nesse pouco tempo de trabalho.

Sugiro que para um próximo E.C., tenha mais tempo para a realização das simulações no Squeak e que não se perca muito tempo nas filmagens - tentar fazer na primeira tentativa uma filmagem de boa qualidade.

Atualizado por: [Nathalia Bianchini Esper](#) em 11.12.2007 às 13:41 [Comente!](#)

Meu perfil



Nathalia Esper
Porto Alegre - RS
Participante desde:
20:09:06
17/08/2007

Interesses

Nesse blog serão discutidas todas as atividades práticas e teóricas do Enriquecimento Curricular oferecido pelo professor Edson Luiz Lindner.

[esconder painel](#)

Minhas Comunidades

 [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

[esconder painel](#)

Minhas imagens

Não há imagens anexadas.

NaTi Vieczorek

[ver todos](#)

Terça-Feira , 11 de Dezembro de 2007

Auto-Avaliação

O Enriquecimento Curricular Produzindo Vídeos e Simulações em Química foi bem interessante. Durante o decorrer das aulas aprendi noções de bases, ácidos e reações entre ácido e metais. Já em relação ao trabalho com Squeak, conheci e aprendi a trabalhar com esse programa para produzir as simulações e as segundas versões dos mapas conceituais. Também utilizei o movie maker para a realização do vídeo sobre o experimento entre metais e ácido clorídrico, para posteriormente esse vídeo servir de base para a realização da simulação no Squeak.

Atualizado por: [Natália Vieczorek](#) em 11.12.2007 às 12:53 [Comente!](#)

Terça-Feira , 04 de Dezembro de 2007

Segunda Versão Mapa Conceitual Indicadores

Após trocas de informações com a outra dupla corrigi erros existentes na primeira versão!



Meu perfil



Natália Vieczorek
Porto Alegre - RS
Participante desde:
15:24:23
02/09/2007

Interesses

Estudar química com utilização de vídeos e mapas conceituais!

[esconder painel](#)

Minhas Comunidades

 [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

[esconder painel](#)

Minhas imagens

Não há imagens anexadas.

[esconder painel](#)

Iniciando as atividades



No primeiro encontro do enriquecimento curricular "Produzindo Vídeos e Simulações em Química" foram realizadas duas atividades experimentais que serviram para desencadear o processo de aprendizagem. Uma das atividades era a reação de diferentes metais com ácido em diferentes concentrações. Outra atividade envolvia a identificação de soluções ácidas e básicas com o auxílio de indicadores. No próximo encontro vamos organizar os dados coletados e iniciar a produção da primeira versão do mapa conceitual para cada um dos experimentos vivenciados.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 14.08.2007 às 09:46 [Comente!](#)

Terça-Feira, 14 de Agosto de 2007



Iniciando as atividades 07/08/2007

Execução de duas atividades experimentais desencadeadoras do processo de aprendizagem, com vistas à produção de vídeos e simulações utilizando o programa Squeak.

Atividade 1- Reação de ácidos com metais.

Atividade 2 - Identificando soluções ácidas e básicas com o auxílio de indicadores.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 14.08.2007 às 10:31 [Comente!](#)

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Terça-Feira , 21 de Agosto de 2007



Atividades de 14/08/2007

Neste segundo encontro, terminamos as atividades práticas que vão desencadear a produção do vídeo e a simulação. Tivemos o primeiro encontro no laboratório de informática. Trabalhamos com o "CMapstools" e o blog do ambiente Açai do Leadcap. Devido à problemas da tecnologia, a organização dos blogs de cada estudante ficou para a semana seguinte.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 21.08.2007 às 08:55 **Comente!**

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Terça-Feira , 28 de Agosto de 2007



Atividades de 21/08/2007

O encontro de número 3 resultou na confecção da primeira versão dos mapas conceituais sobre as atividades químicas que desencadearam o processo. A atividade de reação de metais com ácido em diferentes concentrações e a atividade de identificação de ácidos e bases com o uso de indicadores. Cada estudante organizou seu mapa para cada atividade. Foi utilizada a ferramenta CMapTools. Imagens dos mapas iniciais podem ser vistas na comunidade "Produzindo Vídeos e Simulações em Química".



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 28.08.2007 às 10:05 **Comente!**

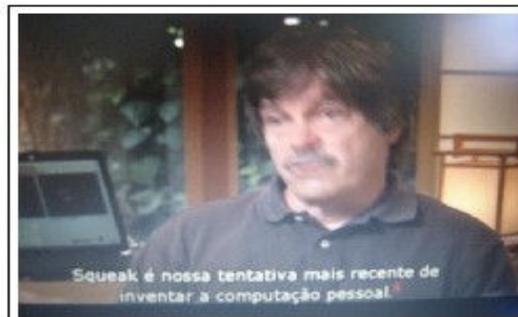
→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Quarta-Feira , 29 de Agosto de 2007

 [editar](#)

Atividades de 28/08/2007

Hoje assistimos a uma parte do vídeo "Squeakers" que apresenta a equipe que desenvolveu o programa SQUEAK e algumas atividades com estudantes. É possível ver o potencial dessa ferramenta e seu uso na escola, principalmente nas áreas de Matemática e Ciências. Após foi feita uma exploração inicial do Squeak.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 29.08.2007 às 09:21 [Comente!](#)

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Segunda-Feira , 10 de Setembro de 2007

 [editar](#)

Atividades de 04/09/2007

Nesse encontro foram redigidos textos explicativos para o primeiro mapa conceitual de cada aluno, referente às atividades desencadeadoras. Os textos foram colocados no Blog de cada um deles no ambiente Açaí do LeadCap. Também teve início a utilização do programa Squeak, que servirá para as apresentações dos vídeos e as simulações.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 10.09.2007 às 09:58 [Comente!](#)

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Quarta-Feira, 19 de Setembro de 2007



Atividades de 11 e 18/09/2007

Nesses dois encontros, os alunos elaboraram a "storyboard" para a produção do filme. Eles fotografaram os materiais e a seqüência de procedimentos. Após foram para o computador e trabalharam com a ferramenta "livro" do Squeak para produzir a "storyboard". Na comunidade eles colocaram o arquivo do projeto em Squeak que poderá ser baixado para outros computadores com esse programa instalado. O plugin do Squeak está abaixo colocado para download.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 19.09.2007 às 09:39 [Comente!](#)

→ arquivos anexados:



→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Atividade de 02/10/2007



A produção do filme iniciou nesse encontro. A dupla que filmou a atividade sobre a reação de metal em ácido utilizou uma câmera digital de 5 Mpixels para capturar as tomadas. A dupla que filmou a atividade dos indicadores ácido-base utilizou filmadora analógica VHS compact. A idéia é verificar se nos filmes produzidos a qualidade do equipamento interfere na produção de vídeos para a Web. A edição vai utilizar o software Windows Movie Maker, disponível nas máquinas do Colégio e de fácil utilização pelos alunos.



Tomada da reação do cobre com ácido.

Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 09.10.2007 às 09:36 [Comente!](#)

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Terça-Feira, 09 de Outubro de 2007

 [editar](#)

Atividade de 09/10/2007

O encontro de hoje serviu para os grupos organizarem a edição dos vídeos utilizando o programa Movie Maker, disponível nas máquinas do Aplicação. Laura e Natália Vieczoreck trabalharam com as imagens capturadas com câmera digital. Bruno e Nathalia Esper refizeram as tomadas do experimento com a filmadora analógica, pois as primeiras cenas ficaram muito distantes. Após, iniciaram a edição do vídeo. Veja mais fotos na galeria de nossa comunidade.



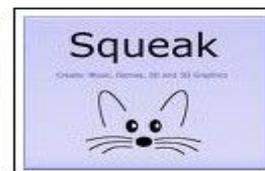
Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 09.10.2007 às 14:22 **[1]comentário(s)**

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Atividades com o programa Squeak

 [editar](#)

O arquivo anexado abaixo contém um tutorial com atividades para serem programadas com o Squeak. Apesar de ter sido orientado para usuários do laptop XO da OLPC, ele pode ser utilizado por usuários de PC com o Windows.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 16.10.2007 às 09:44 **Comente!**

→ arquivos anexados:



Terça-Feira , 16 de Outubro de 2007



Atividade de 16/10/2007

Os grupos continuaram a editar os vídeos. Alguns detalhes ainda necessitam de melhorias e algumas tomadas deverão ser refeitas. O resultado será publicado no "You Tube" para que outros alunos possam utilizá-los como um objeto de aprendizagem sobre alguns conceitos químicos.



Atualizado por: Edson Luiz Lindner em 16.10.2007 às 14:57 **Comente!**

→ Comunidade: Produzindo Vídeos e Simulações em Química

Terça-Feira , 30 de Outubro de 2007



Atividade de 30/10/2007

O encontro de hoje iniciou com a apresentação da primeira versão dos vídeos produzidos pelos alunos. Foram feitos comentários e observações para melhoria dos mesmos. O filme sobre a reação de metais com o ácido clorídrico foi produzido utilizando uma câmera digital de 5 MPixeis. O filme sobre indicadores de ácidos e bases utilizou uma filmadora analógica. Ambos foram editados no Windows Movie Maker. A qualidade das imagens é amadora e deixa a desejar. No entanto é possível observar os fenômenos e se ter uma idéia do que ocorre.

Veja os vídeos no youtube nos endereços abaixo.
 Reação de metais com ácido clorídrico:
<http://br.youtube.com/watch?v=7e4iDPEQazk>
 Indicadores de ácidos e bases:
<http://br.youtube.com/watch?v=CIHqlqpICEE>

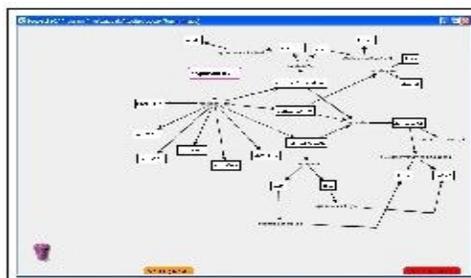


Atualizado por: Edson Luiz Lindner em 30.10.2007 às 14:16 **Comente!**

→ Comunidade: Produzindo Vídeos e Simulações em Química

Atividade de 06/11/2007

O trabalho de hoje envolveu a construção da segunda versão do mapa conceitual sobre os experimentos. Para tanto, os alunos assistiram aos vídeos produzidos e utilizaram o Squeak para editar os mapas. O programa apresenta as ferramentas necessárias para produzir um mapa conceitual a semelhança do CmapTools. Nesse encontro, também, recebemos a visita da Dra Clevi Elena Rapkiewicz, pós-doutoranda do PGIE-UFRGS, e dois mestrandos da UERJ, orientados por ela. Ele vieram observar o trabalho com a utilização do Squeak.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 21.11.2007 às 15:29 [Comente!](#)

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Atividade de 13/11/2007

Os alunos, nesse encontro, continuaram a confecção dos mapas conceituais utilizando o Squeak. Eles serão disponibilizados nos blogs de cada um. Outra atividade foi refazer as cenas necessárias para melhorar os vídeos, após a análise da primeira versão. Foram debatidas as melhorias para que os vídeos possam servir como desencadeadores do processo de construção dos conceitos químicos envolvidos.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 21.11.2007 às 15:36 [Comente!](#)

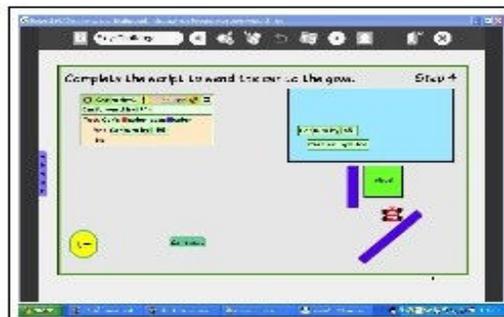
→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Quarta-Feira , 21 de Novembro de 2007



Atividade de 20/11/2007

As atividades de hoje envolveram aspectos de programação do Squeak para produzir as simulações dos fenômenos estudados, ou sejam, a reação de metal com ácido clorídrico e a ação de indicadores na presença de soluções ácidas e básicas. Foram apresentados alguns desafios para serem resolvidos a partir da escolha de "scripts" do Squeak. Nos próximos encontros os alunos irão editar a segunda versão dos vídeos e iniciar a produção das simulações.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 21.11.2007 às 15:43 [Comente!](#)

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Atividade de 27/11/2007



Nesse encontro foi trabalhado, ainda, a revisão da primeira versão do vídeo sobre ácidos e metais.

As cenas com problemas foram refeitas e o vídeo foi editado novamente. Nos próximos encontros será publicado. O trabalho com Squeak continuou e mais funcionalidades foram exploradas.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 10.12.2007 às 20:45 [Comente!](#)

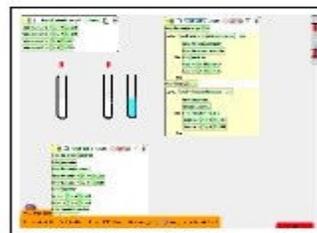
→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Quarta-Feira , 21 de Novembro de 2007



Atividade de 04/12/2007

O trabalho de hoje envolveu as simulações com o Squeak. Os alunos colocaram suas idéias e testaram as simulações. O processo é lento devido a aprendizagem dos "scripts" do programa. Fazer ele simular as idéias pensadas requer tempo e várias tentativas. Espera-se produzir, ao menos, uma versão inicial. O próximo encontro será o último e faremos uma avaliação do processo vivenciada nesse semestre.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 10.12.2007 às 20:54 **Comente!**

→ arquivos anexados:



→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Terça-Feira , 11 de Dezembro de 2007

[editar](#)

Atividade de 11/12/2007

Esse foi nosso último encontro desse semestre. Os alunos terminaram e concluíram as tarefas pendentes: mapas, filmes e simulações. Também realizaram avaliações em seu Blogs. As simulações apresentadas ainda necessitam serem melhoradas e ajustadas. Os Blogs e a Comunidade permanecem abertos. Quem quiser é só enviar comentários e sugestões.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 11.12.2007 às 15:03 **Comente!**

→ Comunidade: [Produzindo Vídeos e Simulações em Química](#)

Segunda-Feira , 10 de Dezembro de 2007

[editar](#)



Atividade no Computador

próxima →

[enviar](#)

[editar](#)

esconder painel

Configurações

[Buscar Comunidades](#)

[Buscar Pessoas](#)

[Alterar Cadastro](#)

[Alterar Senha](#)

[Ajuda](#)

[Contato](#)



Ações na Química

ver todos novo

Segunda-Feira, 17 de Dezembro de 2007

editar

FILMES PRODUZIDOS

Aqui você tem os "links" (atalhos) para os vídeos produzidos pelos alunos. Você poderá assisti-los e registrar suas percepções e idéias sobre os fenômenos químicos apresentados.

A idéia do vídeo é proporcionar aos alunos que não têm acesso à laboratório de práticas uma visão do fenômeno ocorrido, permitindo coletar dados visuais sobre o mesmo.



Indicadores ácido- base:

<http://br.youtube.com/watch?v=ZNK-ltFpMI>

Reação ácido clorídrico e metais.

<http://br.youtube.com/watch?v=vR67HPSWaQw>

Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 17.12.2007 às 10:12 [Comente!](#)

Meu perfil



Edson Lindner

Cachoeirinha - RS
Participante desde:
10:28:12
13/07/2007

Interesses

Sou professor de Química do Colégio de Aplicação desde 1987. Procuo investigar quais as contribuições das novas tecnologias de informação e comunicação na aprendizagem da Química.

editar

esconder painel

Minhas Comunidades



Produzindo Vídeos e Simulações em Química

criar

esconder painel

Minhas imagens

RELATÓRIOS DIGITAIS DE EXPERIMENTOS QUÍMICOS

ver todos novo

Quinta-Feira, 12 de Junho de 2008

editar

Encontro do Dia 11/06/2008

As alunas, nesse encontro, iniciaram a confecção dos relatórios e a produção de seu primeiro mapa conceitual. Os projetos realizados no ambiente Squeak-Etoys, até o momento, estão nos blogues dos alunos nesse ambiente. Para acessar os blogues, clique sobre o nome das alunas que compõe a comunidade.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 12.06.2008 às 18:56 [Comente!](#)

Quarta-Feira, 11 de Junho de 2008

editar

Encontro do Dia 04/06/2008

Atividade experimental sobre a influência da temperatura na solubilidade do sulfato cúprico pentaidratado. As alunas realizaram os procedimentos para a coleta de dados sobre a solubilidade do sulfato cúprico com vistas a responder ao questionamento apresentado no roteiro da atividade, que desencadeará a construção de conceitos químicos e a confecção do relatório digital com o ambiente Squeak-Etoys. Os roteiros estão como arquivos anexos abaixo.



Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 12.06.2008 às 18:58 [Comente!](#)

→ arquivos anexados:



Sexta-Feira, 02 de Maio de 2008

editar

Encontro de 30/04/2008

Nesse encontro as alunas começaram a produção de simulações para a reação entre metais e ácido clorídrico, observada na atividade experimental. Um modelo para o relatório digital foi



Comunidade

Projeto de Aprendizagem

Por que queremos fazer essas investigações?

Pesquisa sobre o uso do ambiente Squeak-Etoys para construção de simulações e relatórios de atividades em química.

Hipótese Inicial, palavras chave

Verificar os processos de aprendizagem envolvidos no uso de recursos digitais para a construção do conhecimento químico.

Outras perguntas do Projeto

Encontros quartas-feiras das 13h30min às 16 horas de março a julho de 2008.

Responsáveis:

[Douglas Centeno](#)

[Edson Luiz Lindner](#)

[Fabiane Rodrigues](#)

[Gabriel Franco](#)

[Karine Farias](#)

[Karine Ribeiro](#)

[Kelly Coutinho](#)

[Luísa Chini](#)

[Raissa Brinck](#)

Acessado: 449 vez(es)

Criada em: 10:45:32 12/03/2008

comentar editar

esconder painel

Imagens



Fabiane trabalhando

enviar

editar

esconder painel

Links interessantes

→ [Projeto UCA- LEC-UFRGS](#)

→ [Squeakland Brasil](#)

editar

Domingo, 23 de Março de 2008

 editar**Encontro de 19/03/2008**

Nesse encontro foram exploradas as ferramentas livro e texto do ambiente Squeak. Também foram iniciados alguns controles de programação. Os alunos e as alunas foram convidados(as) a produzirem um pequeno texto e postarem em seus blogs. Foram trabalhados, ainda, o salvamento de imagens para adicionar aos projetos do Squeak. Um Computador XO da OLPC ficou a disposição para aprenderem e explorarem suas funcionalidades.

Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 23.03.2008 às 10:06 **[1]comentário(s)**

PROJETOS E SIMULAÇÕES DIGITAIS NO AMBIENTE SQUEAK-ETOYS

 ver todos novo

Segunda-Feira, 01 de Dezembro de 2008

 editar**Fotos e Vídeos Funções Inorgânicas**

Atividade Experimental sobre Funções Inorgânicas. Obtenção de uma base a partir de oxidação de magnésio e diluição em água. Obtenção de um ácido a partir da oxidação do enxofre e diluição em água. Reação entre base e ácido. Uso de indicadores.

Atualizado por: [Edson Luiz Lindner](#) em 02.12.2008 às 00:10 **Comente!**

→ arquivos anexados:

**Comunidade****Projeto de Aprendizagem****Por que queremos fazer essas investigações?**

Trata-se de um Enriquecimento Curricular com alunos das Turmas 90 do Colégio de Aplicação (1ª série do EM).

Hipótese Inicial, palavras chave

O uso das TIC's facilitam o processo de aprendizagem.

Outras perguntas do Projeto

Como as simulações no ambiente Squeak-Etoys contribuem para o processo de construção dos conceitos químicos?

Responsáveis:[Edson Luiz Lindner](#)[Fabiane Rodrigues](#)[Rafael Ian Lanqone Hekman](#)[Rafaela Leal](#)[Ricardo Matheus](#)**Acessado:** 115 vez(es)**Criada em:** 08:21:04 15/08/2008 comentar  editar

3. Imagens de alguns momentos da pesquisa





