UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS

Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência

Rodrigo José Cristiano Gazola

A PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E O PROCESSO DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: REFLEXÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DIDÁTICO PESSOAL

BAURU – SÃO PAULO
Fevereiro – 2013

Rodrigo José Cristiano Gazola

A PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E O PROCESSO DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: REFLEXÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DIDÁTICO PESSOAL

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em educação para a Ciência, da área de concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru,como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação para Ciência, sob a orientação da Profª. Drª. Sílvia Regina Q. Aro Zuliani.

BAURU – SÃO PAULO
Fevereiro – 2013

Gazola, Rodrigo José Cristiano.

A proposta de ensino por investigação e o processo de formação inicial de professores de ciências: reflexões sobre a construção de um modelo didático pessoal / Rodrigo José Cristiano Gazola, 2013

174 f.

Orientador: Silvia Regina Quijadas Zuliani

Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual

Rodrigo José Cristiano Gazola

A PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E O PROCESSO DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: REFLEXÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DIDÁTICO PESSOAL

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em educação para a Ciência, da área de concentração em Ensino de Ciências, da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru,como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação para Ciência.

Bauru, 25 de Fevereiro de 2013

Banca Examinadora

Presidente e orientador: Profª. Drª. Sílvia Regina Q. Aro Zuliani
Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira
Profª. Drª. Alice Assis

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE BAURU
FACULDADE DE CIENCIAS DE BAURU

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RODRIGO JOSÉ CRISTIANO GAZOLA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIENCIAS DE BAURU.

Aos 22 dias do mês de fevereiro do ano de 2013, às 09:00 horas, no(a) Auditório 02 do Departamento de Química -UFSCar, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciencias de Bauru, Prof. Dr. LUIZ HENRIQUE FERREIRA do(a) Departamento de Química / Universidade Federal de Sao Carlos, Profa. Dra. ALICE ASSIS do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Guaratingueta, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RODRIGO JOSÉ CRISTIANO GAZOLA, intitulado "A Proposta de Ensino por Investigação e o Processo de Formação Inicial de Professores de Ciencias: refelexões sobre a construção de um modelo didático pessoal". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI

Prof. Dr. LUIZ HENRIQUE FERREIRA

Profa. Dra. ALICE ASSIS

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a toda minha família, ao meu pai que sempre me apoiou a minha mãe pelo carinho de toda a vida e por sempre acreditar em minha capacidade, as minhas irmãs. E especialmente, ao mais novo membro da família, minha sobrinha Luiza.

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha orientadora Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani, por sempre se preocupar comigo, em todos os aspectos, pelos ensinamentos e oportunidades que ela me proporcionou nestes anos de orientação.

Não poderia me esquecer de agradecer a todos meus colegas de pós-graduação pelo apoio e ideias que formam muito pertinentes a este trabalho.

Muito obrigado a todos que me apoiaram neste trabalho! Sem vocês ele não se realizaria!

“A human being should be able to change a diaper, plan an invasion, butcher a hog, conn a ship, design a building, write a sonnet, balance accounts, build a wall, set a bone, comfort the dying, take orders, give orders, cooperate, act alone, solve equations, analyze a new problem, pitch manure, program a computer, cook a tasty meal, fight efficiently, die gallantly. Specialization is for insects.”

Robert A. Heinlein

Time Enough for Love

Gazola, R. J. C. **A proposta de ensino por investigação e o processo de formação inicial de professores de ciências: reflexões sobre a construção de um modelo didático pessoal.** 2013. 174 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência)-Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2013.

RESUMO

Nesta dissertação, através da pesquisa colaborativa, pretendeu-se a partir da oportunidade de contato com uma proposta diferenciada de formação, verificar se licenciandos, oriundos de um curso de licenciatura em Química, assumem uma postura diferente da convencional, ou seja, produz a responsabilidade do sujeito pela construção de um modelo didático pessoal. Para tanto, o trabalho com os sujeitos de pesquisa foi construído de forma coletiva, onde o indivíduo se torna sujeito da aprendizagem, levando em consideração a proposta investigativa como princípio articulador da experimentação e do viés epistemológico no Ensino de Ciências. A partir desta perspectiva, trabalhou-se com licenciandos em Química na elaboração e aplicação de atividades de ensino, que serviram de alvo principal para o desenvolvimento e análise. A atuação do pesquisador visou integrar novos princípios didáticos no modelo de ensino dos professores em formação inicial, ou seja, subsídios para que estes sujeitos pudessem reformular este modelo de acordo com uma perspectiva integrada aos resultados da pesquisa. A análise do material gerado permitiu perceber que a participação neste tipo de atividade, despertou a atenção dos futuros professores, para uma perspectiva didática mais dinâmica e elaborada do que a perspectiva presenciada durante a sua formação. Esta nova perspectiva propiciou aos professores em formação a capacidade de visão crítica sobre a própria formação e mostrou-lhes caminhos para um processo de constante reformulação e evolução de sua prática de ensino. Percebe-se também que nem todos os licenciandos, apesar de terem ido submetidos à mesma proposta formativa, reagem da mesma forma a ela. Assim, os resultados da pesquisa sugerem que seja necessário um investimento em propostas formativas que possibilitem ao sujeito em formação, inicial ou continuada, oportunidades de reflexão sobre sua atuação, não apenas em disciplinas específicas ou cursos pontuais de formação continuada.

Palavras-chave: Formação Inicial, Ensino de Ciências, Proposta Investigativa, Epistemologia da Ciência, Modelo Pessoal de Ensino.

Gazola, R. J. C. **The problem based learning proposal and the process of initial training of science teachers: reflections on building a personal didactic style.** 2013. 174 f. Dissertação (Master's degree in Science Education), Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2013.

ABSTRACT

In this dissertation, through collaborative research, was intended from the opportunity to connect with a different formative proposal, verify if undergraduates, from a degree course in Chemistry, take a different posture from the conventional, in other words, produces responsibility the subject by building a educational personnel model. Therefore, working with research subjects was constructed collectively, where the individual becomes subject of learning, taking into account the inquiry based proposal as articulating principle of experimental and epistemological biased in science education. From this perspective, worked with graduate students in Chemistry in development and implementation of educational activities, which served as main target for the development and analysis. The acting of the researcher sought to integrate new teaching principles in the teaching model of teachers in training, in other words, subsidies so that these subjects could reformulate this model in agreement with an integrated perspective to search results. The analysis of generated material has allowed the perceive that participation in this kind of activity, attracted the attention of prospective teachers for a more dynamic teaching perspective and elaborate than the prospect attended during their formation. This new perspective led to the teachers in formation the critical view ability about their own formation and showed them ways to reshaping a process of continuous evolution and of their teaching It is also evident that not all licensees, despite having been submitted to the same formative proposal respond the same way to it. Thus, the results of the research suggest that investment in formative proposals that allow the subject in formation initial or continuing opportunities to reflect on their actions is needed in, not only in specific disciplines or specific courses of continuing formation.

Keywords: Initial Teacher Education, Science Education, Inquiry Based Proposal, Epistemology of Science, Personal Model of Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planificação de uma atividade experimental investigativa. 36

Figura 2. Papel da investigação no desenvolvimento profissional dos professores..... 43

Figura 3. A investigação como princípio articulador. 46

Figura 4: Procedimento para a elaboração de questões problema 59

Figura 5: Experimento de oxidação do mercúrio (Lavoisier)..... 61

Figura 6: Transposição do experimento de Lavoisier através da oxidação de palha de aço..... 62

Figura 7: Montagem experimental 3..... 63

Figura 8: Montagem experimental 4..... 64

Figura 9: Transposição dos Experimentos de Priestley..... 64

Figura 10. Esquema para a evolução do modelo didático pessoal..... 117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo analítico de pressupostos do ensino por investigação..... 29

Quadro 2. Proposições apresentadas por Cañal (2000) para uma atividade investigativa..... 30

Quadro 3. Planificação de uma atividade experimental..... 35

Quadro 4: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a elaboração das atividades. 72

Quadro 5: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a primeira aplicação da atividade. 77

Quadro 6: Manifestações dos sujeitos de pesquisa após a primeira aplicação da atividade. 78

Quadro 7: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a segunda aplicação da atividade. 84

Quadro 8: Manifestações dos sujeitos de pesquisa após a segunda aplicação da atividade. 87

Quadro 9: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a terceira aplicação da atividade. 91

Quadro 10: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a quarta aplicação da atividade. 101

Quadro 11: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a entrevista gravada em áudio..... 110

Quadro 12: Analise do modelo didático pessoal do sujeito P1, em relação ao momento da pesquisa. 119

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A1: Questionário respondido, pelo sujeito P1 por meio de correio eletrônico. 128

APÊNDICE A2: Questionário respondido, pelo sujeito P2 por meio de correio eletrônico. 1310

APÊNDICE A3: Questionário respondido, pelo sujeito P3 por meio de correio eletrônico. 133

APÊNDICE B1: Transcrição das gravações em vídeo durante a primeira aplicação da atividade. 135

APÊNDICE B2: Transcrição das gravações em vídeo durante a segunda aplicação da atividade. 139

APÊNDICE B3: Transcrição das gravações em vídeo durante a terceira aplicação da atividade. 143

APÊNDICE B4: Transcrição das gravações em vídeo durante a quarta aplicação da atividade. 152

APÊNDICE C1: Transcrição da entrevista ao sujeito P1 gravada em áudio ao final de todo o processo. 160

APÊNDICE C2: Transcrição da entrevista ao sujeito P3 gravada em áudio ao final de todo o processo. 162

APÊNDICE C3: Transcrição da entrevista ao sujeito P2 gravada em áudio ao final de todo o processo. 163

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Material construído pelo grupo de pesquisa. 164

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 15

1 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO 22

1.1 O Desenvolvimento do ensino de Ciências por meio da Investigação 22

1.2 A proposta de trabalho por meio do ensino por investigação 26

2 A EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS 33

3 A UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS 39

4 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES ARTICULADA A PROPOSTA INVESTIGATIVA 43

5 METODOLOGIA DE PESQUISA 48

5.1 A pesquisa qualitativa 48

5.2 A Fenomenologia e a Pesquisa qualitativa 51

5.3 A estrutura da Pesquisa 54

5.3.1 O Ambiente e os Sujeitos de pesquisa 54

5.4 A Questão de pesquisa 56

5.5 O material elaborado 58

5.6 A aplicação do Material 66

5.7 Coleta e Organização dos dados 68

***6 ANÁLISE DOS DADOS* 70**

6.1 Referencial de análise de dados 70

6.2 Análise das manifestações dos sujeitos durante a elaboração da atividade 72

6.3 Análise das expressões durante e após a primeira aplicação da atividade 76

6.4 Análise das expressões durante e após a segunda aplicação da atividade 83

6.5 Análise das manifestações durante a terceira aplicação da atividade. ... 91

6.6 Análise das manifestações durante a quarta aplicação da atividade. ... 100

6.7 Análise das manifestações durante a entrevista gravada em áudio. 110

6.8 Analise da postura dos sujeitos em relação à evolução do modelo didático pessoal. 117

6.8.1 Analise da postura de P1 em relação à evolução do modelo didático pessoal 119

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 122

REFERÊNCIAS 124

APÊNDICES

ANEXOS

INTRODUÇÃO

A principal motivação para a construção deste trabalho veio antes mesmo da conclusão do curso de licenciatura em física. Naquela época atuava como professor substituto em escolas particulares e ao mesmo tempo, tive a oportunidade, por meio de um projeto de extensão universitária de começar os estudos na área da educação para ciência, onde conheci minha orientadora. Futuramente, tive ainda, uma importante oportunidade de participar como bolsista do Projeto de Iniciação a Docência (PIBID), me aproximando ainda mais da realidade escolar por meio de uma perspectiva de pesquisa. Neste contexto, percebi uma grande divergência entre os resultados das pesquisas e sua real aplicação em sala de aula.

Ao ingressar no curso de mestrado, durante as disciplinas obrigatórias às quais cursei e também durante as reuniões do grupo de pesquisa; “Ensino de Química, Investigação Orientada, Linguagens e Formação Docente”, do qual participo tive a oportunidade de aprofundar meus conhecimentos na Proposta de Ensino por Investigação e em algumas teorias formativas que foram muito importantes para a minha própria formação e também para a escolha de caminhos para o desenvolvimento deste trabalho.

Desta forma, percebi que desde o início das pesquisas em Ensino de Ciências no Brasil, embora seja difícil avaliar, é notória a influência de seus resultados, nos discursos acadêmicos e também nos oficiais (TOMAZELLO et al., 2000). Um bom exemplo desta influencia em discursos oficiais, são os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) que, segundo seus elaboradores, resultam de pesquisas nacionais e internacionais, dados estatísticos sobre desempenho de alunos do ensino fundamental e experiências de sala de aula difundidas em encontros, seminários e publicações.

Ainda, segundo seus criadores, os PCNs procuram abordar a percepção da ciência como uma manifestação humana e não como uma verdade absoluta. Também, atribuem à História e Filosofia da Ciência uma grande importância durante o processo de ensino-aprendizagem.

> [...] uma visão do Ensino Médio de caráter amplo, de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante. No sentido desses referenciais, este documento procura apresentar, na seção sobre *O Sentido do aprendizado na área,* uma proposta para o Ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade. (BRASIL, 1998, p.12).

Pesquisas feitas pelo MEC/INEP, após a implantação destes parâmetros para a educação brasileira, apontam para uma diminuição na taxa de evasão escolar, bem como uma crescente taxa de promoção dos alunos (BRASIL, 2012b). Porém, segundo Cunha (1996), a mudança dos indicadores de rendimento escolar escolhidos pelo Ministério da Educação não se devem a implantação dos PCNs, e sim aos programas de aceleração do fluxo escolar que tornam a promoção dos alunos quase automática, contribuindo para uma educação ineficiente e de baixa qualidade. Ainda, como afirmam Ricardo e Zylbersztajn (2008, p. 258):

> Passados dez anos desde a promulgação da LDB/96, algumas pesquisas indicam que não houve mudanças substanciais na escola, que os documentos são pouco compreendidos pelos professores (Ricardo, 2002; Ricardo e Zylbersztajn, 2002) e pouco discutidos na formação inicial dos novos profissionais, contemporâneos a este processo (Ricardo e Zylbersztajn, 2007). Uma das principais dificuldades para que as mudanças sugeridas tanto nas DCNEM como nos PCN cheguem na sala de aula é a pouca compreensão que os professores têm acerca de temas fundamentais presentes nesses documentos, notadamente, um currículo estruturado por competências, a interdisciplinaridade e a contextualização.

Entretanto, os próprios Parâmetros Curriculares, trazem em seu texto de introdução uma justificativa para algumas dificuldades de implantação.

> Para a implementação dessas novas diretrizes, ou seja, sua tradução em práticas escolares concretas, não existem fórmulas prontas. Esse processo depende, ao contrário, de um movimento contínuo de reflexão, investigação e atuação, necessariamente permeado de diálogo constante. Depende de um movimento permanente, com idas e vindas, através do qual possam ser identificadas as várias dimensões das questões a serem enfrentadas, e constantemente realimentado pelos resultados das ações realizadas. E para isso será indispensável estabelecer espaços coletivos de discussão sobre os diferentes entendimentos e sobre as experiências vivenciadas a partir dessas novas propostas, incluindo-se possíveis interpretações, implicações, desdobramentos, assim como também recursos, estratégias e meios necessários ao seu desenvolvimento e instauração. (Brasil, 2012ª, pg3).

Por outro lado, não podemos esquecer de que os professores que atuam nas escolas públicas não tiveram contato, durante sua formação, com essa nova característica do ensino. Sua formação se deu diretamente através do modelo de educação tradicional, também chamado formal, transmissivo, enciclopédico etc. Este modelo é fundamentado na concepção de que o único saber relevante para o ensino de ciências é o saber disciplinar, ou seja, os saberes dos alunos e dos professores são simplesmente ignorados. Ao mesmo tempo, parte do princípio, de que a transmissão do conhecimento, absoluto e racional, deva ser feita através da exposição ordenada de conceitos perfeitamente acabados, transmitidos do meio acadêmico diretamente ao estudante, através do professor (PORLÁN, 1989).

Segundo Porlán e Garcia (1997), tal modelo educacional estabelece uma relação fortemente enraizada entre os conceitos científicos e a ação profissional, influenciando o professor a apenas reproduzir, para seus alunos, os conteúdos científicos que foram expostos durante sua formação. Nas palavras de Porlán e Garcia (1997):

> Estabelecem, ao mesmo tempo, uma relação mecânica e linear entre a teoria e a ação profissional, o que conduz a que, de fato, os professores formados neste enfoque tendam apenas a reproduzir na escola os conteúdos científicos a que foram expostos, sem que as proposições das ciências da educação, que também receberam e que são freqüentemente incompatíveis com essa forma transmissiva de ensinar, exerçam uma influência determinante. (PORLÁN e GARCIA, 1997, pag. 9).

Assim, pode-se compreender que o modelo tradicional de ensino está ligado a uma imagem do professor especialista em conteúdos científicos. Também que esta perspectiva tem caráter extremamente abrangente, o que faz com que esteja presente na maioria das experiências formativas, contaminando outras experiências realizadas desde a formação básica do indivíduo.

Segundo Zuliani (2012), apesar do esforço de décadas em pesquisa em Ensino de Ciências, a prática tradicional de ensino está presente ainda hoje na maioria dos cursos de licenciaturas do país. Através deste pensamento Zuliani (2012), conclui:

> Como esperar que um professor formado nos moldes descritos anteriormente comece a despertar o interesse dos alunos pela busca do conhecimento se ele apenas recebe informações de especialistas com a orientação de assimilar e aplicar na prática? Contrariamente ao que se enfatiza no modelo fundamentado na racionalidade técnica, no contexto da prática parte-se da consideração da prática para, a partir de sua análise conjunta formador/formando, a ela retornar num processo que pode ser chamado de "ação/reflexão/ação". O professor em formação deve ser instigado a refletir num processo de investigação da prática, a partir da qual se dará a construção e renovação de seus saberes sobre ela. (ZULIANI, 2012, pag. 8).

Desta maneira torna-se evidente, a necessidade de investimentos em propostas formativas que acompanhem os resultados das pesquisas em ensino de ciências e ao mesmo tempo contemplem as orientações existentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais. A proposta de ensino por investigação tem sido considerada por muitos pesquisadores como uma excelente alternativa para reversão deste quadro, pois além de levar em consideração a formação crítica dos alunos, também exige do professor uma formação concreta e em constante atualização (CAÑAL, 1997; ZULIANI, 2009).

Seguindo esta linha de raciocínio e utilizando-se da pesquisa-ação colaborativa, este trabalho ofereceu aos professores em formação, oriundos de um curso de licenciatura, aparentemente "academicista", a oportunidade de contato com algumas propostas diferenciadas de ensino, onde o aluno se torna o sujeito da aprendizagem e o professor assume uma postura bem diferente da convencional. Mediante essas considerações destaca-se a seguinte questão de pesquisa:

A utilização da proposta investigativa, mediada pelo uso de atividades experimentais e pela História da Ciência, no processo formativo possibilita alterações no modelo didático pessoal de professores em formação inicial?

Para responder esta questão, foram escolhidas propostas de ensino já bem estruturadas na literatura científica. Tais propostas foram inseridas durante a prática desta pesquisa de modo cooperativo, ou seja, sua utilização era de interesse mútuo, tanto por parte dos sujeitos de pesquisa, quanto por parte do pesquisador, conforme será discutido posteriormente. São elas:

I) Proposta de Ensino por Investigação.

II) Atividades Práticas no Ensino de Ciências.

III) Ensino através da História e Filosofia da Ciência.

O ensino por investigação tem sido considerado por diversos pesquisadores como uma alternativa para melhorar e intensificar o papel do aluno nas atividades que visam à ampliação de seus conhecimentos (CAÑAL et al, 1997; ZULIANI, 2009; SUART e MARCONDES, 2008). Durante o desenvolvimento deste tipo de proposta cabe ao professor perceber a importância do processo de planejamento de suas aulas, buscando a incorporação de tecnologias, estimulando a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica e mostrando a importância da discussão das hipóteses construídas durante a realização da atividade. Isso vem a tornar este tipo de proposta de ensino uma importante ferramenta de interrupção do ciclo deixado pelo ensino transmissivo e tecnicista, aos quais os professores em formação sempre estiveram acostumados.

Durante o processo de construção da proposta, alvo de estudo deste trabalho, percebeu-se a necessidade da utilização da História e Filosofia da Ciência, pois muitas das concepções iniciais apresentadas pelos alunos eram concepções históricas. E, segundo Matthews (1994), o trabalho em conjunto com o conhecimento histórico conecta o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas, contribuindo para a desmistificação do cientificismo e dogmatismo muito recorrentes nos modelos tradicionais de ensino de ciências, além de favorecerem conexões importantes durante o desenvolvimento dos tópicos abordados na proposta.

No primeiro capítulo, "*O Ensino de Ciências por meio da Investigação*", trazemos uma pequena abordagem histórica da proposta de ensino por investigação e a seguir em outra seção neste mesmo capítulo são apresentadas propostas mais elaboradas de aplicação da investigação no ensino de ciências. Dentre estas propostas, a proposta de Cañal (2000) se destaca, por trazer inúmeros princípios didáticos que serviram de base para analise final dos dados deste trabalho.

No segundo capítulo, *"A experimentação e o ensino de ciências",* discutimos um pouco sobre a abordagem experimental em ensino de ciências que gera ainda muita polemica no meio acadêmico e divide muitos pesquisadores da área, porém julgamos ser uma importante ferramenta de trabalho aos que se aventuram através da investigação, por ressaltar, tornar visível e manipulável a construção de conceitos que é radicalmente abstrata neste tipo de ensino. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), tal abordagem é muito importante na formação de professores, por fornecer subsídios e possibilitar diversas estratégias metodológicas de ensino, além de proporcionar uma excelente fonte de problematização inicial tão necessária para a articulação e desenvolvimento da proposta investigativa.

No terceiro capítulo, "A utilização da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências", é apresentada uma esquematização do trabalho em conjunto com o conhecimento histórico científico, na busca da geração de mecanismos para que a conexão entre o desenvolvimento e o pensamento individual, que foi mencionado anteriormente, seja possível. Para tanto foi especulada a proposta de Matthews (1994), principal mentor desta linha de pensamento. Assim, novamente, foi possível esquematizar novos princípios didáticos que envolvem a epistemologia das ciências, que também foram utilizados como base para análise final dos dados.

O quarto capítulo "*A formação de professores articulada à proposta investigativa*" trata de um modelo de formação dos professores proposto por Ballenilla (1999), que leva em consideração os princípios didáticos correspondentes à investigação, à experimentação e à contextualização histórica no ensino de ciências, ou seja, este capítulo reúne todos os princípios abordados nos capítulos anteriores. A partir desta panificação, feita neste capítulo, surge então o referencial de análise para esta pesquisa.

A “*metodologia de pesquisa”* qualitativa, baseada na fenomenologia, bem como todas as questões referentes ao desenho desta pesquisa, a descrição dos sujeitos e do ambiente de pesquisa, a descrição do material elaborado durante a pesquisa e das aplicações deste material, se encontram no capítulo cinco.

A seguir, no capítulo seis é apresentada a “*análise dos dados”* coletados por meio de entrevistas gravadas em áudio, entrevistas com questões semiestruturadas feitas por meio de correio eletrônico e gravações em vídeo das aplicações das atividades.

Finalmente, no capítulo sete são apresentadas as considerações finais deste trabalho de pesquisa, bem como algumas considerações sobre futuras indagações no aspecto aqui estudado.

1 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO

Neste primeiro capítulo discute-se a proposta de ensino que norteará todo o trabalho de pesquisa. Inicialmente foi realizado um pequeno apanhado histórico sobre as origens da proposta e suas diversas contribuições ao ensino de ciências, logo em seguida, na próxima seção, se apresenta uma proposta de ensino por investigação já bem estruturada em diversos trabalhos e que servirá como base para esta pesquisa.

1.1 O Desenvolvimento do ensino de Ciências por meio da Investigação

De acordo com Deboer (2006), a utilização da investigação como proposta para o ensino de ciências surge durante o século XIX, principalmente na Europa e nos Estados Unidos, através da introdução do laboratório de ciências no currículo escolar, porém esse tipo investigação tinha o caráter de uma verificação experimental de conceitos previamente abordados em sala de aula.

Tais ideias foram discutidas por Dewey (1916), que argumentou que a educação daquela época tratava a ciência como algo acabado, repleta de verdades absolutas que os alunos deveriam decorar. Dewey propõe uma metodologia de ensino de ciências que se assemelha em partes ao método científico e enfatiza o caráter provisório do conhecimento científico, que sempre pode ser “purificado” através de questionamentos. O caráter investigativo da proposta de Dewey está, então, justamente no questionamento do pensamento, proporcionando o desenvolvimento do pensamento crítico e da razão, contribuindo ainda para a formação de hábitos e compreensão dos processos científicos.

Na década de 50, a educação dos Estados Unidos passou por uma grande reforma e as atividades de laboratório ganharam papel de destaque, onde, supostas teorias sobre a investigação científica de Dewey (1938) foram tomadas como proposta de ensino. Os principais nomes envolvidos nessa reforma acreditavam que e a ciência deveria ser ensinada tal como ela é

praticada pelos cientistas, o estudante deveria alcançar por si só o conhecimento dito como verdadeiro. Surgem então os grandes projetos, como o PSSC (Physical Science Study Committee), SCIS (Science Curriculum Study) e o ESS Elementary Science Study (Elementary Science) (RODRIGUES e BORGES, 2008).

Essa reforma do ensino norte americana influenciou a educação brasileira a partir dos acordos MEC-USAID, concretizados durante o Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (Premen), criado através da FUNBEC, IBECC e dos Centros de Ciências[1], tornando possível a tradução dos materiais associados aos projetos norte americanos em 1968 (GOBATTO, 2012, pag. 29). A partir daí, esse modelo educacional, extraído de uma compreensão filosófica da ciência, de Dewey (1938), é associada de maneira grosseira à proposta educacional Deweniana. E então a proposta de ensino por investigação passa a ser severamente criticada pelos educadores. E com toda a razão, pois a ideia de que o aluno deveria descobrir os conceitos por si só, sem orientação, é absurda.

No entanto, até a época atual, o ensino por investigação passou por profundas reformulações, com a retomada das ideias educacionais originais de Dewey (1916) e da inserção de novas propostas desenvolvidas por pesquisadores da área. No intuito de esclarecer essas novas propostas de ensino por investigação, nos Estados Unidos o NCR (National Research Council) (1996, 2000) publicou o Inquiry and the National Science Education Standards, um documento que estabelece os aspectos do ensino por investigação que deveriam ser aplicados naquele país. Nesse documento estão presentes as principais habilidades exigidas no ensino por investigação contemporâneo:

> 1. Identificar questões e conceitos que guiarão as investigações (os estudantes formulam e testam suas hipóteses);
> 2. Esquematização e investigação científica (usando conceitos maiores, equipamentos, tecnologias, etc., onde os estudantes

[1] Centro de Ciências do Rio Grande do Sul (Cecirs) – Porto Alegre/RS; Centro de Ciências do Estado do Rio de Janeiro (Cecierj) – Rio de Janeiro/RJ; Centro de Ensino de Ciências de São Paulo (Cecisp) – São Paulo/SP; Centro de Ensino de Ciências e Matemática (Cecimig) – Belo Horizonte/MG; Centro de Ensino de Ciências da Bahia (Ceciba) – Salvador/BA; e Centro de Ensino de Ciências do Nordeste (Cecine) – Recife/PE.

> usarão como evidencia a lógica, e construirão argumentos para suas explicações);
> 3. Usar tecnologias e ferramentais matemáticos para viabilizar as investigações e comunicações;
> 4. Formular e revisar as explicações científicas e os modelos utilizando a lógica;
> 5. Reconhecer e analisar modelos e explicações alternativas (revendo o conhecimento científico e determinando qual explicação se encaixa melhor em seu modelo);
> 6. Comunicar-se e defender um argumento científico (estudantes terão que refinar suas habilidades pela apresentação escrita e oral, respondendo apropriadamente comentários críticos dos colegas). (NCR, 1996,2000. pag. 12).

Ainda com o objetivo de organizar as principais perspectivas sobre o ensino de ciências através da investigação, realizou-se em 2001 nos EUA o Inquiry in science education: International perspectives, um simpósio internacional ICASE que foi conduzido dentro da reunião do National Association for Research in Science (NARS), e contou com a participação de representantes de países como Líbano, EUA, Israel, Venezuela, Austrália e China. Através deste simpósio foram reunidas diversas experiências sobre o ensino por investigação em ciências, praticadas pelos países que o integraram, e que posteriormente foram organizadas em ABD-EL-KHALICK et al, (2004). Nesse documento fica claro que, apesar de todas as pesquisas sobre o assunto, ainda existem perspectivas muito diferentes sobre a utilização da Investigação no Ensino de Ciências. Tais perspectivas podem abranger tanto um caráter mais complexo e filosófico, mesclando a filosofia ocidental, teologia, questões socioculturais e religiosas, até a simples prática da técnica laboratorial e a compreensão de que a Investigação deva ser ministrada conforme as propostas de reforma curricular, já mencionadas anteriormente, desenvolvidas nos EUA durante a década de 50, onde aluno aprende sozinho, sem quaisquer intervenções.

A partir de uma nova ótica compreende-se que o Ensino de Ciências através da investigação, como sugere Sandoval (2005), deve contemplar aspectos importantes, entre elas a incorporação das discussões sobre a natureza da ciência nas investigações realizadas em sala de aula. Ou seja, é necessário discutir tais perspectivas com os alunos no intuito de possibilitar o entendimento das características do processo sociocultural em constante transformação, que caracteriza a atividade científica.

Além disso, também se observam relações desta proposta com importantes aspectos sociais. Tal relação entre ciência e sociedade no ensino de ciências tem suas raízes em um movimento iniciado nas décadas de 1960-70 denominado Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) que busca questionar a cultura tecnológica imposta pelas novas descobertas científicas durante a Segunda Guerra Mundial (TRÓPIA E CALDEIRA, 2009).

1.2 A proposta de trabalho por meio do ensino por investigação

Atualmente a proposta investigativa tem sido considerada por diversos pesquisadores como uma alternativa para a valorização dos conhecimentos e saberes de professores e alunos, através da interação dos mesmos com os componentes curriculares. Essa proposta baseia-se em processos e atitudes intuitivas ou necessárias durante o próprio desenvolvimento social do ser humano. A capacidade de comunicação, a curiosidade e o anseio por descobrir novas informações significativas ao indivíduo, levam o aluno a tornar o assunto proposto pela atividade de investigação como um projeto pessoal, conforme conclui Almeida (2002).

De acordo com Cañal et al. (1997), este tipo de proposta tem como principal objetivo a inserção do aluno como sujeito da aprendizagem; um sujeito capaz de buscar a construção do conhecimento a partir da necessidade de respostas a questões, que permeiam seu ambiente sociocultural. Ao professor, cabe planejar e buscar a problematização adequada tanto ao interesse de seus alunos como para a atividade proposta, buscando a incorporação de tecnologias e de questões socioculturais. As atividades devem ser desenvolvidas em sala de tal forma que sempre se estimule a formulação de hipóteses e questionamentos. Nesse contexto, Cañal et al. (1997) coloca uma série de princípios para a proposta investigativa:

> a) Desenvolvimento de experiências a partir de problemas ou situações problema para os alunos.
> b) Delimitação e esclarecimento do problema, buscando explicações ou hipóteses.
> c) Coleta de dados em material bibliográfico ou realização de experimentos.
> d) Reelaboração de hipóteses originais.
> e) Aplicação e comprovação das ideias elaboradas. (CAÑAL et al., 1997, p. 48)

Segundo Schwartz e Crawford (2006), é importante assinalar algumas semelhanças entre investigação feita em sala de aula e as atividades desenvolvidas pela comunidade científica. Durante o ensino através da investigação o aluno deve aprender a argumentar, comunicar-se, partilhar ideias, exemplificar e acatar opiniões diversas, em um processo que possibilita a compreensão dos mecanismos que compõem a construção do conhecimento

científico contemporâneo. Freire (2009) também compartilha da opinião que este tipo de prática didática reflete o modo como a ciência é construída no meio acadêmico e que ao aprender ciência desta maneira, os alunos podem refletir não só sobre os conteúdos científicos, mas também, conforme salientam Martins e Veiga (1999), sobre a perspectiva real, do caráter e dos processos da atividade cientifica.

De acordo com Pérez (2000) e Bianchini (2011), a investigação promove também, a estruturação de outras habilidades e competências tais como, a autonomia, o autocontrole e a comunicação. Ainda, segundo Pérez (1993), ao trabalhar com a prática investigativa, os professores podem esperar inúmeras atitudes de seus alunos, tais como:

- Observação
- Reconhecimento de problemas
- Utilização de estratégias pessoais semelhantes aos processos científicos
- Planejamento de experiências para verificação de hipóteses
- Atitude crítica
- Capacidade de comunicação, tanto na forma de debates ordenados, quanto na forma escrita.

Gil Pérez e Valdés (1996) consideram que os professores que pretendem trabalhar com a proposta de investigação ainda devem atentar para alguns pontos que caracterizam verdadeiramente este tipo de ensino:

a) apresentar situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado;

b) favorecer a reflexão sobre a relevância e possível interesse das situações propostas, considerando as implicações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS);

c) valorizar as análises qualitativas significativas, que ajudem a compreender e delimitar as situações apresentadas (à luz dos conhecimentos disponíveis, do interesse do problema, etc.) e formular perguntas operativas sobre o que se procura;

d) suscitar a formulação de hipótese como atividade central de investigação, suscetível de orientar a abordagem das situações e tornar explícitas as concepções prévias dos alunos;

e) conceder importância à planificação da atividade prática (laboratorial e de campo) pelos próprios alunos;

f) suscitar a análise detalhada dos resultados de acordo com o corpo de conhecimentos disponível, das hipóteses e resultados de outros grupos de alunos;

g) desenvolver a capacidade de transferência (adaptação a outro nível de complexidade, problemas derivados, etc.) e contemplar as implicações CTS do estudo realizado (possíveis aplicações, repercussões negativas, etc.);

h) solicitar um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado na construção de um corpo coerente de conhecimentos, bem como as possíveis implicações noutros campos do conhecimento, construindo uma malha interdisciplinar;

i) conceder especial importância à elaboração de “memórias científicas “(sobre o trabalho realizado), que possam servir de base para salientar o papel da comunicação e debate na atividade científica;

j) potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico organizando equipes de trabalho e facilitando a interação entre equipes, funcionando o professor como um “investigador sênior”.

A utilização da investigação no ensino nos remete a outras necessidades formativas, para as quais os professores normalmente não são preparados durante sua formação acadêmica inicial. Nesta linha de pensamento a formação para a reflexão e pesquisa sobre a própria prática pedagógica poderia oferecer subsídios para que o futuro professor estivesse mais preparado para a atuação profissional.

Ao organizar e estudar a proposta de ensino por investigação verifica-se a existência de uma grande gama de definições, em que diversos pesquisadores apresentam contribuições, seja relacionando o ensino por investigação com as atividades práticas tecnicistas, com o cotidiano dos alunos, ou mesmo com as atividades da comunidade cientifica, cada uma dessas perspectivas adiciona novas interpretações à proposta investigativa.

A seguir serão apresentadas várias das abordagens desta proposta de ensino de acordo com as perspectivas dos principais autores que sugerem que o ensino por investigação deva partir de uma problematização inicial. Podemos encontrar diversas comparações, sobre diferentes abordagens da investigação,

como proposta de ensino, sugeridas na literatura. Uma interessante comparação é proposta por Rodrigues et al (1996) apresentada no Quadro 1.

Quadro 1. Resumo analítico de pressupostos do ensino por investigação

Momentos do Processo	Del Carmen (1988)	Olvera (1992)	Zabala (1992)	Gil (1993)	Garcia (1993)
Escolha do Objeto de estudo e do problema	Planejamento e Clarificação do Problema	Escolha do objeto de estudo	Explicitação de Perguntas	Situação problemática. Precisar o problema	Contato inicial. Formulação do problema
Expressão das ideias dos alunos e emissão de hipóteses	Definição de hipóteses de trabalho	Definição de hipóteses	Hipóteses, respostas indutivas.	Construção de modelos e hipóteses	Interação com as informações dos alunos
Planejamento da Investigação	Planejamento da investigação e instrumentos	Planejamento da investigação	Tomada de dados	Realização de atividades	
Nova Informação	Aplicação de instrumentos de investigação	Materiais e instrumentos	Seleção classificação de dados e conclusão	Interpretação dos resultados, relação hipóteses e corpo de dados	
Expressão e Comunicação dos Resultados e Conclusões	Comunicação, discussão e valorização.	Comunicação da investigação. Publicação de trabalhos	Expressão Comunicação	Comunicação. Intercâmbio entre as equipes	
Recapitulação e síntese	Sínteses e identificação de modelos explicativos	Comunicação da investigação. Publicação de trabalhos		Sínteses, esquemas e mapas conceituais	
Aplicação a Novas Situações			Generalização	Possibilidades de aplicação	Aplicação Generalização
Metacognição					Reflexão sobre o processo
Aplicação no Meio		Proposta de intervenção ações			

Fonte: Zômpero e Laburú (2011), p. 74.

A análise deste quadro mostra alguns pontos em comum entre as abordagens de ensino por investigação. Os autores convergem nos principais pontos destacados por Cañal et al. (1997), ou seja, admitem que para que haja uma verdadeira atividade de ensino por investigação, deve existir um problema

para ser analisado, deve haver emissão de hipóteses por parte dos alunos, deve haver um planejamento para a realização do processo de investigação visando a aquisição de novos dados e informações, além disso, principalmente deve haver a interpretação destas informações em conjunto com a comunicação das mesmas por parte dos alunos.

Partindo dos pontos comuns observados nestas várias propostas de ensino por investigação, considerou-se que a proposta de Cañal (2000) atende às necessidades desta pesquisa e proporciona um mecanismo de regulação e avaliação das atividades didáticas, de acordo com a postura dos professores e alunos. Tal proposta encontra-se brevemente resumida no quadro abaixo, onde o autor esquematiza os principais pontos de uma atividade didática bem estruturada com relação à proposta investigativa.

Quadro 2. Proposições apresentadas por Cañal (2000) para uma atividade investigativa

Orientação	Atividades relacionadas com a apresentação ou seleção de objetivos específicos, questões, conteúdos, objetos de estudo, e assim por diante.
Expressão e contraste de conhecimento dos alunos	Atividades destinadas a promover a comunicação, reflexão e o contraste do conhecimento inicial dos alunos em relação ao conteúdo ou objeto de estudo na unidade.
Planejamento do trabalho a ser feito	Atividades relacionadas à apresentação ou preparação de planos de trabalho relacionados com o objeto de estudo.
Obtenção de novas informações	Esforços para proporcionar aos alunos uma oportunidade de acesso a novos conteúdos necessários de acordo com plano de trabalho.
Estruturação primária	Atividades destinadas a promover o tipo de elaboração das novas informações que podem ser necessários em cada opção de ensino para os alunos para alcançar a aprendizagem específica, perseguidos em cada caso (memorização automática, construção significativa, habilidades, etc)
Estruturação secundária	Atividades destinadas a consolidar e expandir a funcionalidade da aprendizagem alcançada, ou seja, para o aumento da possibilidade de usá-los corretamente em uma gama crescente de vezes e em diferentes contextos. Isso significa empregos para eles e atividades que são criados a cada opção educacionais necessárias ou úteis para esse fim: estudar atribuições, exercícios repetidos, usando as lições aprendidas em diferentes épocas e contextos, construção de relacionamentos com a aprendizagem de outros, etc.
Expressão ou comunicação de conhecimentos desenvolvidos	Atividades educativas, cujo significado é o de informar o professor ou outras pessoas ou instituições de ensino e outros produtos ou resultados da estrutura (primária / secundária).
Análise e avaliação do processo desenvolvido e resultados obtidos no decorrer da unidade	Atividades relacionadas à compreensão e apreciação das propostas iniciais de planejamento e desenvolvimento dos planos de trabalho, ações pessoais ou de grupo, os instrumentos utilizados, as dificuldades encontradas e os resultados obtidos durante diferentes momentos da unidade.

Fonte: Bianchini (2011), p. 80

No quadro acima, Bianchini (2011) analisa a proposta do ensino por investigação na perspectiva de Cañal (2000), categorizando os fundamentos principais de uma proposta investigativa. Tais fundamentos são base para o desenvolvimento e avaliação deste tipo de proposta.

Assim, para a construção de uma atividade de investigação, cabe ao orientador desta atividade inserir um objeto de estudo, uma questão de pesquisa inicial. O professor também deve constantemente fazer comparações sobre as questões acerca do objeto de estudo e do conhecimento inicial dos alunos, bem como se esforçar para que novos conhecimentos sejam colocados à disposição dos alunos durante a aula por meio de material bibliográfico ou outros meios de pesquisa.

Para a estruturação de uma atividade nestes moldes, Cañal (2000) ainda propõe que o professor desenvolva junto aos seus alunos, atividades secundárias com o intuito de desenvolver habilidades e conhecimentos necessários a investigação principal. E também, em uma estruturação secundária, este autor propõe ainda outras atividades, para aplicação dos conhecimentos adquiridos nas demais atividades. A estruturação secundária é o momento de consolidação e expansão do conhecimento dos alunos e pode trazer referências, não somente do conteúdo que está sendo abordado atualmente, mas também de outros conteúdos já estudados pelos alunos.

Uma importante característica destas atividades são as expressões dos alunos sobre do conhecimento discutido. Estas expressões devem ser sempre comunicadas, o professor deve sempre solicitar que os alunos escrevam suas opiniões e as expressem perante a turma.

Finalmente, outra característica muito importante desta proposta de ensino, é a avaliação do próprio processo de ensino, onde o professor avalia sua atuação e busca novos caminhos para desenvolver sua prática.

Assim, supõe-se que esta esquematização bem definida, por Cañal (2000), sobre as atividades investigativas, contenham excelentes princípios didáticos ligados ao desenvolvimento da aprendizagem. Futuramente no capítulo 4, será apresentada uma estruturação destes princípios didáticos, que servirão de suporte teórico para a análise dos dados deste trabalho de pesquisa.

Uma maneira interessante de aplicação da investigação é por meio de atividades experimentais práticas, portanto é necessário neste trabalho um estudo sobre tais atividades que é apresentado no capítulo seguinte.

2 A EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Atualmente, muito se discute sobre o papel da experimentação no Ensino de Ciências. A maioria dos professores concorda que as atividades experimentais têm uma capacidade motivacional natural. Laburú (2006) defende que quando aplicada corretamente uma atividade experimental pode ajudar a modificar atitudes apáticas, servindo, até, para incentivar os estudantes a se dedicarem às tarefas subsequentes mais árduas e menos prazerosas, como o registro escrito e a formulação de hipóteses. Nas palavras de Laburú (2006):

> Dentre as muitas possibilidades que um professor de ciências tem ao seu alcance, para prender a atenção dos alunos em sala de aula, as atividades práticas interessantes certamente jogam um papel significante nesse processo. (LABURÚ, 2006, p.400).

Porém, muitas controvérsias são encontradas em relação à utilização da prática experimental. A concepção de método científico, geralmente regida pelo processo de encontrar fatos por meio da investigação para que se desenvolva o arcabouço teórico, muitas vezes é transposta ao ensino de ciências. Galiazzi et all. (2001) argumentam que esse tipo de visão do método científico percebe o desenvolvimento do conhecimento humano como um caminho linear e apesar de ser amplamente criticada na atualidade, ainda tem uma forte influência sobre o ensino de ciências.

Isto promove uma visão reducionista do papel das atividades experimentais, onde estas são tomadas apenas como uma atividade física de manipulação para a comprovação de determinadas teorias. Este tipo de metodologia, que utiliza princípios de uma proposta pedagógica de visão empirista, indutivista e positivista acerca da construção científica, evidenciam o conhecimento como produto acabado, considerando-o como neutro, objetivo, a-histórico e cumulativo.

Segundo Tomazello (2000), a experimentação, quando abordada desta maneira, pode corroborar para a pressuposição da existência de um método científico único e imutável, que observa e analisa subjetivamente parcelas da realidade em busca da confirmação de teorias, mascarando as reais

características do trabalho e do processo científico. Hodson (1994) ressalta que as orientações de atividades práticas, conduzidas de maneira equivocada, em geral, deixam de proporcionar ao trabalho científico um papel motivador, sendo necessária a transformação destas práticas, em atividades que originam e motivam a investigação.

O uso de atividades experimentais em sala de aula envolve aspectos muito mais complexos que extrapolam as etapas do “método científico”. Devemos lembrar de que nem todos os alunos se tornarão cientistas e que principalmente existem vários outros aspectos além de aprender metodologia experimental envolvidos nas atividades práticas. Galiazzi *et al.* (2001) apontam para o desenvolvimento de atitudes e destrezas cognitivas de alto nível intelectual proporcionados por essas atividades. Para Carvalho e Gil-Pérez (1994) é necessário para o professor, ter em mente que o aprendizado transcorre de maneira significativa, quando existe uma aproximação da atividade prática em sala de aula às características to trabalho científico, mas que este deve apresentar características próprias de uma investigação voltada para a sala de aula.

Por outro lado, também podemos pensar na formação crítica do cidadão. E por que não no desenvolvimento de habilidades manuais e instrumentais? Afinal todos precisam de habilidades manuais em seu cotidiano, e a atividade experimental, também seria de grande valor nesse aspecto. Portanto, não podemos condenar todo o aspecto instrumentalista e metodológico das práticas experimentais, mas também não podemos ficar restritos somente a eles.

Laburú (2005) organizou em quatro categorias os principais objetivos associados à utilização das atividades experimentais por parte dos professores. São elas: Motivacional, Funcional, Instrucional e a Epistemológica. A categoria Motivacional trata da intenção dos professores em despertarem a atenção dos alunos e entusiasmá-los. A categoria funcional leva em conta os aspectos ligados à parte física e à possibilidade e viabilidade de realização do experimento. Por sua vez, a categoria Instrucional procura levar em consideração a atividade experimental como instrumento facilitador da explicação teórica. E, por fim, a categoria Epistemológica contempla a experimentação como construção do conhecimento, ressaltando a capacidade da formulação teórica da realidade.

Embora essas categorias pareçam estar dispostas aqui em ordem crescente de importância para o ensino aprendizagem, cada uma delas tem seu papel fundamental durante a realização da atividade experimental, ou seja, todos esses aspectos são de muita importância em uma atividade prática. Assim como uma atividade experimental do tipo “show” que apenas mostra aos alunos algumas curiosidades pode parecer algo sem relevância para a sua formação, uma atividade repleta de conceitos e implicações teóricas pode afastar o interesse dos alunos.

Tomazello et al. (2000) ressaltam que, todo e qualquer trabalho prático em sala de aula requer um planejamento prévio do professor, que deve ter em mente quais são os objetivos de sua aula, quais são os questionamentos que devem ser levantados, os conceitos a serem abordados, as técnicas a serem aprendidas e as habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos. Sanmarti (2000) sugere que a elaboração de atividades práticas em sala de aula pode partir do esquema apresentado no Quadro 2:

Quadro 3. Planificação de uma atividade experimental.

	Representação	**Antecipação**
Quais (ais) é (são) o (s) seu (s) objetivo (s)?	Aprender um procedimento, uma técnica. Resolver um Problema. Deduzir/interferir uma regularidade, uma lei. Construir, aplicar um modelo para interpretar um fenômeno.	Qual é a forma mais adequada de delinear a prática? Qual é a fase do ciclo de aprendizagem? Que conhecimentos e habilidades devem ter o (s) aluno (s)?
Procedimento	Que instrumentos, aparatos terão que utilizar os alunos? Que tipos de ações terão que realizar.	Que dificulades poderão encontrar os alunos ao aplicarem o procedimento previsto e realizarem as diferentes operações?
Como organizar o Grupo?	Como trabalham os alunos? Todos realizam as mesmas atividades.	Como organizar os grupos? Com quais critérios? Como ter em conta os diferentes ritmos, níveis? Como prever e atuar em relação ao comportamento habitual dos alunos?
Como orientar o trabalho?	Como deixar claro aos alunos os objetivos da prática? E os procedimentos a realizar? Como regular as dificuldades que surgirão?	Que métodos utilizar para a apresentação dos objetivos do trabalho a realizar e dos procedimentos? Que tipo de problemas podem surgir e como serão resolvidos?

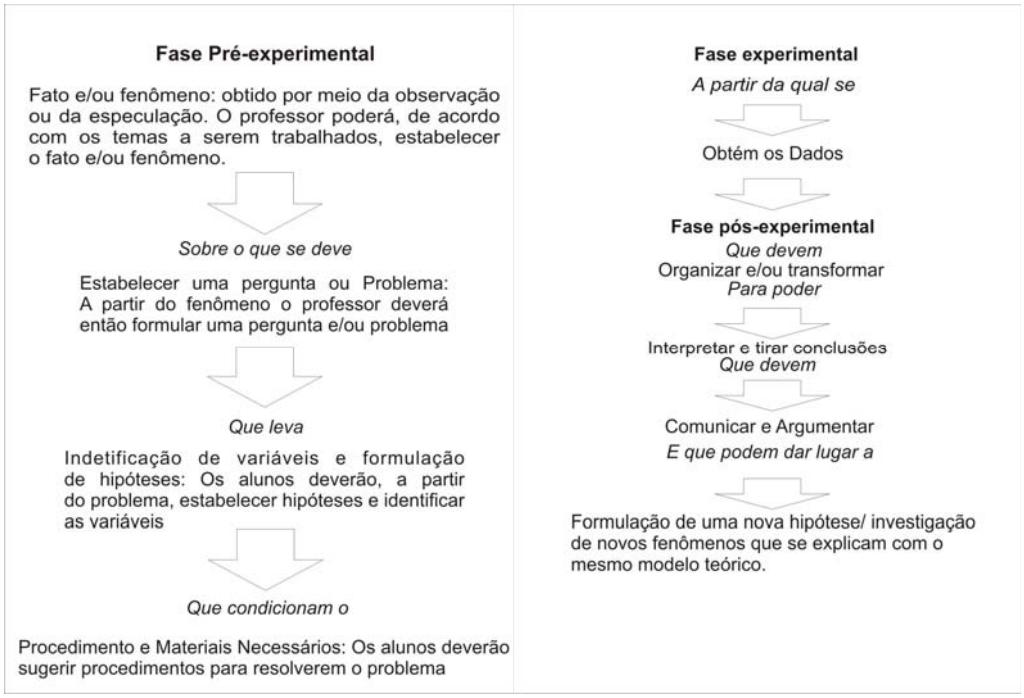
Fonte: Adaptado de Sanmarti (2000)

Percebe-se que ao assumir uma proposta experimental, o professor deve estar atento para uma série de questões que nortearam este tipo de atividade em sala de aula.

O professor deve antecipar os conhecimentos prévios dos alunos, de acordo com o ciclo de aprendizagem dos mesmos, escolhendo os objetivos da atividade e a melhor forma de delinear esta prática. A partir daí, o professor precisa ainda, antecipar os equipamentos que irá utilizar durante as atividades e se atentar para possíveis dificuldades no manuseio destes equipamentos. Além disto, segundo Sanmarti, é preciso escolher um método de apresentação para esta prática e deixar claro para os alunos, quais os objetivos das atividades.

De acordo com Tomazello et al (2000), a partir desta planificação, a atividade experimental pode então ser dividida em três momentos principais, indicados esquematicamente na figura 1. Nota-se que esta organização muito se assemelha aos princípios da investigação de Canal (1997), discutidos no capítulo anterior. Esta sincronia metodológica entre os dois autores possibilitou também uma sincronia no referencial de análise deste trabalho. Assim, a partir do quadro abaixo, foram extraídos os princípios didáticos referentes às atividades práticas no ensino de ciências.

Figura 1. Planificação de uma atividade experimental investigativa.



Fonte: Adaptado de Tomazello et al (2000).

Verifica-se que assim como na proposta investigativa de Cañal (1997), Tomazello et al (2000) também propõe um fenômeno ou problema gerador para as atividades, daí surgem questões problema que levam à produção de hipóteses pelos alunos. Porém, nesta proposta, Tonazello indica que os próprios alunos devem sugerir os procedimentos a serem seguidos para respondem suas questões e apoiarem suas hipóteses.

De um modo geral, os autores dividem toda a proposta em três fases principais, que regem uma atividade experimental investigativa e que utilizaremos como referencial básico para construção e para a análise deste trabalho. De uma forma geral, temos:

- A fase pré experimental, onde surge a questão problema, os questionamentos e as propostas dos alunos
- A fase Experimental, onde os alunos obtem dados para sustentar suas hipóteses
- E uma fase Pós-experimental, onde os alunos comunicam, argumentam e reformulam suas hipóteses, podendo ou não dar origem a uma nova investigação.

Estas fases, propostas por Tomazello et al (2000), serão apontadas como *princípios didáticos relacionados à experimentação* no ensino de ciências e serão reagrupadas mais adiante junto a outros princípios didáticos que se referem a outros aportes deste trabalho.

Portanto, uma proposta de atividade experimental, como qualquer outra atividade de ensino, envolve uma série de aspectos teóricos, filosóficos e práticos, que precisam ser levados em consideração durante sua realização. Mas, como levar todos esses aspectos em consideração tornando o ensino crítico e ao mesmo tempo despertando o interesse dos alunos?

Para Tomazello et al. (2000), para que isto aconteça é preciso fazer uma busca histórica e conduzir a elaboração das propostas de trabalho, de maneira a permitir que alunos, com auxílio do professor, alcancem resultados que possam ser compatíveis com os resultados obtidos pela comunidade científica, levantando novas hipóteses, relacionando e comparando dados e criando novas possibilidades. Contar apenas a história de como foram realizadas as

investigações aos alunos não os torna sujeitos reais da construção de seu aprendizado.

Neste sentido, Gurgel (2000) afirma que o processo de construção científica somente faz sentido, no âmbito educacional, quando acompanhado de conhecimento fundamentado histórica e socialmente. Segundo Martins (2007), ao longo das últimas décadas, a pesquisa em Ensino de Ciências, de uma forma geral, tem mostrado muito interesse na utilização da História e Filosofia da Ciência no ensino.

3 A UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O interesse pelo ensino contextualizado das ciências teve uma grande arrancada a partir da década de 70, com o surgimento de uma nova comunidade de pesquisadores que procuravam explorar as características epistemológicas da ciência por meio de diferentes enfoques, na tentativa de promover uma formação que superasse a demarcação do ensino de conteúdos científicos e seus métodos de produção (PRESTES E CALDEIRA, 2009).

A partir desta perspectiva, que começou a ser construída com o surgimento desta nova geração de pesquisadores em Ensino de Ciências, surgem críticas de pesquisadores como Duschl (1986) e Matthews (1988), que apontam índices alarmantes de analfabetismo científico e de como o desenvolvimento do ensino de conceitos científicos se apresentavam em total desencontro com a História e Filosofia da Ciência (MATTHEWS, 1994).

De acordo com Matthews (1994), o trabalho em conjunto com o conhecimento histórico conecta o desenvolvimento do pensamento individual ao desenvolvimento das ideias científicas, contribuindo para a desmistificação do cientificismo e dogmatismo muito recorrentes nos modelos tradicionais de Ensino de Ciências, além de favorecerem conexões importantes durante o desenvolvimento dos tópicos abordados na proposta de ensino. Também, Gagliardi e Giordan (1986) mostram a importância da aproximação dos alunos à realidade vivida pelos pensadores e cientistas através da contextualização histórica do conhecimento científico. Nas palavras de Matthews (1994):

> A tradição de contextualização garante que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma melhor compreensão dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (MATTHEWS, 1994, p. 09, tradução nossa).

Mas frequentemente, quando se deseja desenvolver um trabalho contextualizado epistemologicamente, surgem questionamentos sobre as justificativas que propelem a elaboração de atividades nestes moldes. Encontraremos mais adiante, questionamentos dos sujeitos desta pesquisa, sobre a necessidade de trabalhar com este viés que diferentemente do tradicional, despende muita pesquisa e leitura.

Matthews (1994) indica que as discussões que relacionam o conhecimento com seus fatores históricos surgem com Hegel (1806), que busca a relação entre a dialética do conhecimento e a dialética das formas históricas. Estas relações também são muito discutidas ao final do século XIX por Mach (1895) e Duhem (1906). Nas palavras de Ernest Mach:

> A investigação histórica do desenvolvimento da ciência é extremamente necessária a fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preceitos apenas parcialmente compreendidos ou, o que é pior, um sistema de pré-conceitos. A investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe agora, mas também nos apresenta novas possibilidades. (Mach, 1883 apud Matthews, 1994, p.15)

Entretanto, o elo fundamental entre a epistemologia científica e o ensino de ciências nasceu a partir da tese de Piaget e Garcia (1989). Por meio dela, podemos perceber mais claramente a existência de um paralelo entre a história e a construção de conceitos científicos e os processos psicológicos correspondentes na formação destes conceitos durante o desenvolvimento cognitivo humano. A tese de Piaget, amplamente citada e aprofundada por diversos filósofos e cognitivistas, nos fornece um caminho natural para o ensino de ciências, construído por meio do conhecimento dos processos de construção da ciência.

Segundo PCN-EM Brasil (1999), a utilização da epistemologia da ciência também pode ilustrar o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos e ao mesmo tempo proporcionam o reconhecimento da ciência, como fator social, enquanto construção humana. Também proporciona o reconhecimento de aspectos e relações de contexto cultural, social, político e econômico.

Além disto, Assis (2010) enfatiza que o conhecimento histórico do desenvolvimento dos conceitos científicos, associados a experimentação

durante o ensino, contribui para o desenvolvimento da autonomia dos alunos, ou seja, uma maior liberdade para instrumentalizar seu próprio aprendizado, modificando e rearranjando experimentos conforme sua necessidade.

Apesar do grande número de trabalhos de pesquisa nesta área, ainda é difícil encontrar uma esquematização didática para a abordagem Epistemológica das Ciências. Por este motivo, trataremos alguns pressupostos, adotados pelo PCN-EM e por autores como Matthews (1994), Assis (2010) e Gagliardi e Giordan (1986) como princípios didáticos referentes à utilização da Epistemologia da Ciência em sala de aula.

Entre estes pressupostos que estarão presentes nesta pesquisa podemos destacar:

- Reconhecimento da ciência como fator de construção sócio cultural BRASIL (1999).
- Associação com a experimentação durante o ensino, contribuindo para o desenvolvimento da autonomia científica, ou seja, uma maior liberdade para instrumentalizar seu próprio aprendizado, modificando e rearranjando experimentos conforme sua necessidade Assis (2010).
- Compreensão de que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações (MATTHEWS, 1994)..
- compreensão mais profícua do método científico (MATTHEWS, 1994).
- Aproximação dos alunos à realidade vivida pelos pensadores e cientistas através da contextualização histórica do conhecimento científico GAGLIARDI E GIORDAN (1986).

Deste modo, além de possibilitar uma visão crítica do modelo didático tradicional, este trabalho procurou fornecer subsídios, através da perspectiva experimental e histórica, para que os professores em formação reformulassem suas ideias e compreendessem o papel destes conceitos didáticos tão importantes. Ensinar por meio da História e Filosofia da Ciência não é

nenhuma novidade, porém, questões relativas a “como ensinar nesta perspectiva” e “quando utilizar este tipo de abordagem” tem sido um grande problema a todos que assumem esta perspectiva pedagógica.

A necessidade de utilização deste viés durante o processo educativo é praticamente consensual. Entretanto, ainda carecemos de investigações que aprofundem seriamente sua utilização na formação de professores. Martins (2007) afirma ainda que, devido a uma série de dificuldades, os professores, do nível médio dificilmente incorporam este tipo de perspectiva em suas práticas de ensino. A formação deficiente nesta área pode corroborar para isto.

4 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES ARTICULADA A PROPOSTA INVESTIGATIVA

A utilização da investigação no ensino de ciências nos remete a outras necessidades formativas, para as quais os professores normalmente não são preparados durante sua formação acadêmica inicial. Nesta linha de pensamento a formação para a reflexão e pesquisa sobre a própria prática pedagógica poderia oferecer subsídios para que o futuro professor estivesse mais preparado para a atuação profissional.

Desta forma, Ballenilla (1999) define que o papel da investigação em sala de aula já se encontra suficientemente fundamentado em vários trabalhos de pesquisa que abordam o tema. Este papel atribui ao professor uma responsabilidade muito maior do que a simples detenção de conhecimentos acadêmicos. A investigação, então, deve contemplar o desenvolvimento formativo e profissional dos professores em três aspectos básicos, o conhecimento das teorias educacionais, a prática de ensino e o conhecimento teórico disciplinar (Figura 2).

Figura 2. Papel da investigação no desenvolvimento profissional dos professores.

Fonte: Adaptado de Ballenilla (1999)

Para atender ao objetivo deste trabalho, que é precisamente o de verificar se ao inserir estes conhecimentos no processo formativo é possível favorecer a mudança na dinâmica de aula dos professores em formação, optou-se por um modelo que leva em consideração um conjunto de princípios didáticos formativos. Este modelo, proposto por Ballenilla (1999), utiliza a investigação como base para uma aula eficiente.

Adaptamos sua estrutura para atender os objetivos desta pesquisa e elegemos princípios didáticos que mais se aproximam das questões a serem analisadas neste trabalho. Assim, para que a proposta de uma aula investigativa possa ser posta em prática, é preciso que os professores estejam preparados com relação a três conhecimentos básicos: O da teoria da educação, o conhecimento teórico básico e o conhecimento prático complexo.

Em relação ao conhecimento sobre as teorias educacionais é necessário que os educadores sejam formados conhecendo as diversas teorias educacionais que regem o processo de ensino-aprendizagem, possibilitado, assim, o aperfeiçoamento contínuo de sua prática e oferecendo perspectivas inovadoras, bem como um processo de autoavaliação relativa tanto aos seus alunos quanto para si mesmos.

Além disto, os professores necessitam de uma experiência prática complexa, insubstituível em sala de aula. Para Freire (1997) o professor necessita de uma sólida formação e uma cultura geral muito ampla, para que ele possa interagir com os conhecimentos que os alunos trazem de seu cotidiano, de suas experiências de vida e de sua visão de mundo.

Porém, além de tudo isto é fundamental a articulação entre os saberes teóricos disciplinares e os conhecimentos práticos e teóricos. O conhecimento de conteúdo disciplinar estabelece-se como uma das prerrogativas fundamentais na formação de um professor. Sem este conhecimento teórico disciplinar, não pode haver ensino. Pode-se se inferir que, no processo de formação de professores é necessária uma reflexão sobre o saber, o saber fazer e uma reflexão sobre novas teorias didáticas e suas aplicações.

Mas como fazer para que o professor que compreende o ensino de ciências através da óptica do modelo de educação tradicional, presente em todos os níveis de sua formação (PORLÁN, 1989), compreenda esta perspectiva de ensino? Segundo Porlán (1993), para isso é necessário que os professores percebam conflitos em sua própria prática profissional e que enxerguem de maneira crítica seu modelo de ensino pessoal. Porém, para que os professores sintam a necessidade de transformar seu modelo particular de ensino em um modelo mais elaborado, é necessário, além desta visão crítica, proporcionar ajuda e recursos para que ocorram tais transformações.

Ainda, segundo Ballenilla (1999), essa ajuda seria de extrema importância, pois se o professor, ao questionar seu próprio modelo didático, não encontrar alternativas para modificá-lo, pode sofrer em sua autoestima instalando uma visão pessimista do ensino e de seu desenvolvimento profissional. Devemos então proporcionar aos professores, em primeiro lugar, os elementos teórico-práticos para que estes elaborem um novo modelo pessoal de ensino.

Segundo Ballenilla, ao proporcionarmos subsídios teórico-práticos durante o processo formativo, o professor tem a chance de enxergar criticamente seu próprio modelo de ensino, possibilitando um ciclo em espiral (GHEDIN e FRANCO, 2008), de constante aperfeiçoamento deste modelo.

Na literatura científica encontramos uma série destes elementos teóricos, entre eles a epistemologia, a relação social da ciencia com o meio ambiente e a tecnologia (CTSA), os caracteres psicológicos dos processos de ensino-aprendizagem, além de outras diversas teorias. Tais ideias se apresentam muito bem estruturadas e desenvolvidas, graças aos resultados de inúmeras pesquisas na área de Ensino de Ciências (CAÑAL, 1998; GARCÍA, 1988). Porém, percebemos que estas ideias e elementos teóricos parecem estar desarticulados entre si, espalhados em um “mar de resultados de pesquisa”. Então, como articular estes princípios de modo a proporcionar subsídios teórico-práticos aos professores em formação?

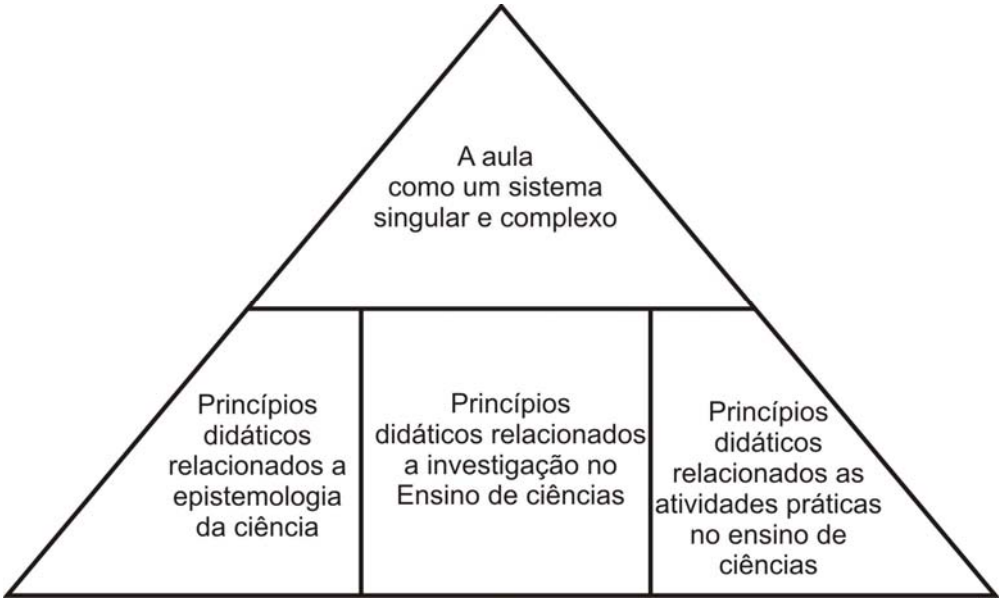
De acordo com Porlán (1987) e Ballenilla (1999), esta articulação deve ser feita de forma racional e consciente, levando em consideração, de certa forma, aspectos científicos dos componentes presentes em sala de aula. Seguindo este raciocíno, Ballenilla (1999) propõe a Investigação como princípio articulador dos demais princípios que permeiam o processo de ensino-aprendizagem. Em suas palavras:

> “Sem adicionais, é a investigação de problemas relevantes que estrutura a atividade dos alunos, é clara a importância deste princípio, daí a proposta de utilizar como referência um modelo didático investigativo” (BALLENILLA, 1999, p. 66, tradução nossa).

Neste sentido, a figura 3 apresenta um modelo esquemático da investigação como princípio articulador dos demais referenciais teóricos presentes neste trabalho, ou seja, as atividades práticas, o ensino de ciências

contextualizado historicamente e também a própria investigação em sala de aula. Esta concepção permeará todo o desenvolvimento deste trabalho como material de referência teórica para uma análise fenomenológica dos modelos de ensino pessoais dos sujeitos de pesquisa.

Figura 3. A investigação como princípio articulador.



Fonte: Adaptado de Ballenilla (1999)

O modelo didático aqui referido, devido ao seu caráter racional, deve incorporar, ou ao menos, não estar em contradição com os aportes teórico-práticos referidos na figura 3. Destes aportes a epistemologia se destaca por ser de uma grande importância, pois nos indica como o conhecimento (científico, literário e histórico) foi produzido e contextualiza todo o conhecimento a ser ensinado.

Nesta pesquisa foram tomados como princípios didáticos relacionados ao ensino de ciências por meio da investigação, os passos propostos por Cañal (1997), já discutidos no primeiro capítulo deste trabalho, ou seja, os professores foram orientados a desenvolver experiências a partir de problemas ou situações problema para os alunos, instigar os alunos a delimitarem e esclarecerem o problema buscando informações e hipóteses, proporcionar aos alunos coleta de dados em material bibliográfico ou na realização de

experimentos, propor a reelaboração de hipóteses e favorecer a aplicação e comprovação das ideias elaboradas pela turma.

Com relação aos princípios didáticos referentes ao ensino de ciências por meio de atividades experimentais, foram utilizados os passos para a elaboração de uma atividade prática propostos por Tomazello (2000), ou seja, proposta de uma questão problema a partir de um fenômeno ou experimento, fazendo com se surjam questionamentos e hipóteses por parte dos alunos, obtenção de dados que sustentem estas hipóteses e finalmente, a comunicação e discussão destas hipóteses dando origem, ou não, a uma nova investigação.

Finalmente, tratando dos princípios didáticos relacionados à epistemologia da ciência leva-se em consideração a associação com a experimentação durante o ensino, o esclarecimento de que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações, à compreensão mais profícua do método científico e à aproximação dos alunos à realidade vivida pelos pensadores e cientistas através da contextualização histórica do conhecimento científico.

Deste modo, neste trabalho, o papel do pesquisador, se assemelhou ao papel do formador, de modo que ele foi responsável por oferecer subsídios, referentes a estes princípios didáticos, para que os professores pudessem enxergar seus modelos de ensino de forma crítica e também para que pudessem ter condições para mudá-lo, caso julgarem necessária esta mudança.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo encontram-se as principais características metodológicas deste trabalho. Trata-se de uma pesquisa qualitativa com enfoque fenomenológico, com perspectiva de análise pela teoria do modelo didático pessoal de Ballenilla (1999).

5.1 A pesquisa qualitativa

O modelo de pesquisa qualitativa surgiu do investimento da antropologia e da sociologia no interesse em delimitar melhor o seu objeto de estudo, a fim de propor orientações mais adequadas para a apropriação de metodologias que legitimassem a investigação dos fenômenos sociais (MARTINS, 2004).

A partir do século XX, em decorrência de uma série de transformações sociais, para além do campo educacional, ocorreram nas pesquisas sociais, diversas mudanças de perspectivas. A partir dos anos de 1960, um novo tipo de análise social alcançou a pesquisa em educação. Esta nova abordagem buscou, principalmente, refletir de forma crítica o papel da escola (CARVALHO et al., 2002). Assim, valorizavam-se tanto as questões científicas ligadas ao contexto escolar, como as questões teóricas educacionais. Esta busca por um novo aporte metodológico proporcionou o desenvolvimento de trabalhos profundamente interpretados, que analisam as ações do sujeito como base para a construção das práticas sociais.

Esta metodologia de pesquisa tem como objeto principal identificar uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. Esta relação dinâmica não pode ser traduzida em números (MINAYO, 2007). Cabe então ao pesquisador interpretar os fenômenos e atribuir significados aos dados coletados. Isto remete ao ambiente natural como fonte direta de dados. O processo e o significado destes dados devem ser os focos principais das abordagens de análise (LAKATOS; MARCONI, 1986). Os métodos e técnicas de preparação

do objeto de estudo, de coleta e tratamento dos dados auxiliam o pesquisador a alcançar uma visão mais crítica de seu trabalho e, por outro lado, utilizar indicadores mais objetivos nas investigações (MINAYO, 1996).

Além do caráter qualitativo, esta pesquisa também pode ser classificada como um processo colaborativo, que, segundo Ghedin e Franco (2008), pode ser classificado com uma pesquisa-ação participativa, onde o pesquisador “mergulha” na práxis do grupo social em estudo, do qual são extraídas as perspectivas latentes, o oculto o não familiar que sustentam as práticas, e nela serão negociadas as possíveis mudanças e ações num âmbito coletivo.

Nesta linha de pensamento Ghedin e Franco (2008) concluem que os fenômenos sociais observados pelo pesquisador, não podem ser observados a distância, ou em laboratório, de modo estático. Portanto algumas características estão presentes neste tipo de pesquisa. São elas:

- Preocupação dos pesquisadores em educação em ajudar os professores a resolverem seus problemas;
- O grande desenvolvimento das abordagens qualitativo-interpretativas nas pesquisas em educação;
- O aprofundamento de estudo sobre formas e modelos colaborativos no desenvolvimento de programas escolares e de avaliação do ensino;
- O compromisso ideológico e político nas formas de abordagem dos problemas sociais, políticos e culturais da educação.

Sob esta perspectiva, o principal fator que caracteriza a pesquisa realizada é o ciclo em espiral de Lewin (1946), visto como retomada em processo das ações, análises, reflexões sempre num processo dinâmico. Esta característica é intrínseca a este trabalho, devido ao próprio referencial teórico utilizado, que promove uma constante avaliação e reelaboração dos modelos didáticos do grupo de pesquisa.

Segundo Lewin (1946), este processo em espiral envolve três fases, que são as fases principais desta pesquisa. A primeira fase leva em consideração o planejamento, que implica num reconhecimento, ou olhar crítico da situação atual. A segunda fase pode ser identificada como a tomada de decisão, decisões de mudar seus modelos didáticos pessoais, fazendo escolhas e alterando proposições anteriormente realizadas. A terceira fase se refere ao encontro dos fatos, análise dos resultados das mudanças, remodelação e replanejamento do modelo didático numa sucessiva reconstrução do mesmo.

Assim, neste trabalho buscou-se em primeiro lugar, através da proposta formativa realizada, levar os professores em formação ao reconhecimento da realidade com tal, a partir da qual se pretendeu produzir coletivamente, sujeitos e pesquisador, um plano de ação a ser implementado durante o processo (pesquisa e formação). Na sequencia, o planejamento realizado foi implementado em situação real de ensino, propiciando a análise, avaliações e reestruturação da proposta pelos sujeitos, possibilitando aos mesmos a tomada de decisão e a realização de escolhas e ao pesquisador a avaliação do processo formativo e do modelo didático utilizado. Na terceira fase, sujeitos e pesquisador analisam crítica e coletivamente os resultados alcançados.

Nesta perspectiva, a sequência utilizada permite obter dados de pesquisa de forma bastante eficaz, possibilitando ao pesquisador acompanhar de fato o processo formativo a que os professores foram submetidos. Para a análise dos dados, optou-se por utilizar a proposta fenomenológica, que será melhor descrita a seguir.

5.2 A Fenomenologia e a Pesquisa qualitativa

No campo educacional, a metodologia de pesquisa qualitativa pode ser empregada de diversas maneiras. Porém muitos destes métodos de análise qualitativos são um tanto quanto subjetivos e deixam muitas dúvidas quanto ao verdadeiro significado do fenômeno vivenciado pelos sujeitos. Ponderando neste sentido, percebe-se que a fenomenologia se encaixa melhor como método de análise para esta pesquisa, pois trata-se de um método qualitativo, que busca a essência explicitada pelo sujeito e permite uma análise mais profunda de sua vivência por meio de seu discurso.

A fenomenologia busca o conhecimento das essências, ou, segundo Husserl (1965), retornar às coisas mesmas, ao mundo tal qual ele se apresenta, antes da consciência. Parte-se do princípio de que a relação entre consciência e mundo é sempre intencional e numa correlação essencial. A intencionalidade desta relação possibilita a análise do mundo como um fenômeno, comprovando que as expressões da consciência para o mundo têm uma significação para ele.

Por meio desta visão de Husserl, Giorgi (1978) reflete sobre a consciência na perspectiva do pesquisador fenomenológico, e propõe um método prático de analise fenomenológica, que vai além da relação cognitiva do sujeito e objeto até uma relação existencial do sujeito com o seu mundo, sendo que através de seu existencialismo, o sujeito se posiciona diante a vida.

A proposta de Giorgi (apud MOREIRA, 2002, p.123) se encontra estruturada em relação aos discursos do sujeito sobre um determinado fenômeno, segundo quatro passos fundamentais:

> 1) Leitura das descrições sem buscar interpretações para se obter um sentido do todo.
>
> 2) Discriminação de “unidades de significado” espontaneamente percebidas nas descrições dos sujeitos.
>
> 3) Transformação das expressões cotidianas em linguagem psicológica, ou seja, discriminação de categorias a partir das expressões concretas.
>
> 4) Síntese das “unidades de significado” transformadas em proposições ou “estrutura da experiência”.

O primeiro passo apresentado por Giorgi, *sentido do todo,* relaciona a leitura inicial de todo conteúdo de dados coletados a fim de que se consiga nortear a pesquisa, estabelecendo um sentido amplo do todo. Para isto, a compreensão das linguagens próprias dos discursos é fundamental, antes que se consiga extrair qualquer unidade de significado.

O segundo passo é *a discriminação de unidades significativas com base em uma perspectiva psicológica e focada no fenômeno que é pesquisado*. Após ter sido contemplado o sentido do todo, o pesquisador faz a releitura do texto, com o objetivo de discriminar as unidades de significado, com foco no fenômeno a ser analisado.

As discriminações são espontaneamente percebidas dentre as descrições do sujeito e são alcançadas quando o pesquisador assume uma atitude psicológica em relação à descrição concreta. Nesse passo, a linguagem do sujeito quase não é mudada. É essencial para o método que as discriminações ocorram primeiro para serem interrogadas mais adiante - no próximo passo -, e que elas sejam feitas espontaneamente, mesmo sendo uma espontaneidade disciplinada.

As unidades de significado não existem soltas, mas em relação à perspectiva adotada pelo pesquisador (Holanda, 2002). Essas unidades são constitutivas do texto e não apenas elementos isolados. A realidade psicológica não está pronta no mundo, ela precisa ser constituída pelo psicólogo, sempre lembrando que o mundo cotidiano é mais rico e mais complexo do que a perspectiva psicológica, tanto que vários pesquisadores podem analisar de maneira diferente o mesmo conjunto de dados.

O contexto da descoberta da pesquisa é constituído na relação. Assim, as unidades significativas não existem no texto como tais, mas apenas em relação a atitudes e cenários do pesquisador, e, por esse motivo, o que se destaca depende muito da perspectiva do pesquisador.

O terceiro passo é configurado pela *transformação das expressões cotidianas do sujeito em linguagem psicológica com ênfase no fenômeno que está sendo investigado*. Uma vez que as *unidades significativas* foram delineadas, o pesquisador, então, passa por todas elas e expressa o *sentido*

psicológico nelas contido. É a transformação da linguagem do dia a dia do sujeito em linguagem psicológica apropriada, com ênfase no fenômeno em estudo.

É possível alcançar esse objetivo por meio de uma ampla interrogação do texto, com o intuito de verificar o que exatamente o narrador quis expressar com seus termos. Giorgi (1985) alerta que o maior obstáculo para esse processo é ainda não existir uma linguagem psicológica consensual estabelecida. Diante dessa dispersão, a melhor alternativa é usar a linguagem do senso comum, esclarecida pela perspectiva fenomenológica. Esse passo tem o propósito de chegar às categorias, passando por expressões concretas.

O último passo do método fenomenológico, apresentado por Giorgi (1985), busca *a síntese das unidades significativas transformadas em uma declaração consistente da estrutura do aprendizado*. Finalmente, é proposta a síntese de todas as unidades significativas transformadas em uma declaração consistente da significação psicológica dos fenômenos observados em relação à experiência do sujeito. Esta síntese é denominada "*estrutura da experiência"*

Para realizar tal tarefa, o pesquisador deve reagrupar os constitutivos relevantes para chegar a uma análise da estrutura do fenômeno. Todas as unidades de significado transformadas devem ser consideradas. O critério aconselhável a ser seguido é o de que todas as unidades transformadas estejam, pelo menos implicitamente, contidas na descrição geral. A estrutura da experiência deve, então, ser comunicada a outros pesquisadores com o propósito de confirmação ou de crítica.

As análises realizadas neste trabalho buscam identificar as unidades de significados presentes nos dados e indicar, com base no referencial teórico de formação utilizado (BALLENILLA, 1999), os princípios didáticos presentes nestas unidades de significado. Ainda com base neste autor, focalizar o processo vivenciado pelos sujeitos, na busca de indícios de sua conformidade com o esquema formativo indicado por ele.

5.3 A estrutura da Pesquisa

Nesta seção encontra-se a descrição de toda a estrutura da pesquisa, sua construção, as questões de pesquisa e as principais características do ambiente dos sujeitos de pesquisa.

5.3.1 O Ambiente e os Sujeitos de pesquisa

O desenvolvimento desta pesquisa aconteceu junto a um grupo de licenciandos em química, de uma universidade pública, durante as disciplinas Estágio Supervisionado em Ensino de Química I e II.

A motivação desta aproximação foi a proposta de planejamento da disciplina, que prevê a elaboração e aplicação de atividades didáticas que promovem a utilização da proposta investigativa de ensino. Estas atividades devem ser desenvolvidas pelos licenciandos durante a realização da disciplina e aplicadas a alunos de ensino médio por meio de um evento intitulado “Semana da Inclusão Científica e Universitária de alunos e professores da rede pública de ensino”. Este evento é uma estratégia planejada pelo docente da disciplina, aonde alunos do Ensino Médio vêm à universidade para assistirem a minicursos elaborados pelos licenciandos. Neste evento, se propõe aos professores em formação que, em grupo, elaborem e apliquem um minicurso contemplando uma atividade investigativa, experimental ou não, que é discutida teoricamente, durante toda a disciplina.

O minicurso, com duração de 4 horas/aula, é desenvolvido em duas ocasiões, com duas turmas de alunos de Ensino Médio da rede pública, de aproximadamente vinte alunos cada, conforme abordado em Zuliani e Souza (2011). Tais atividades foram produzidas pelos grupos de licenciandos, e acompanhadas através de apresentações em sala de aula, durante a disciplina, que visaram promover discussões referentes ao conteúdo e a metodologia a ser utilizada, antes de sua aplicação.

Seguindo o aporte da pesquisa colaborativa o pesquisador planejou a aproximação com os sujeitos de pesquisa participando também da disciplina de Estágio Supervisionado e inseriu-se em um dos grupos da turma.

O grupo no qual o pesquisador foi inserido era constituído por três sujeitos, todos do sexo feminino, que serão chamados nesta pesquisa de P1, P2 e P3, para que suas identidades sejam preservadas. Todos eles cursavam o último ano de Licenciatura em Química.

5.4 A Questão de pesquisa

A aproximação entre pesquisador e sujeitos de pesquisa, levou o primeiro a perceber que os segundos, em todo o seu processo formativo, tiveram apenas contato com o modelo tradicional de ensino, e que seus modelos pessoais de ensino refletiam esta formação tradicional. Diante desta constatação, surge como foco principal desta pesquisa a seguinte questão:

> *A utilização da proposta investigativa, mediada pelo uso de atividades experimentais e pela História da Ciência, no processo formativo possibilita alterações no modelo didático pessoal de professores em formação inicial?*

Conforme foi explicado no capítulo 4, Ballenilla (1999) acredita que esta transformação no modelo pessoal de ensino é possível através de um processo que envolve principalmente a reflexão crítica do indivíduo acerca do próprio modelo de ensino e o fornecimento de subsídios teórico-práticos para que estes professores construam um novo modelo pessoal de ensino. A partir destes pressupostos e inserido no grupo de trabalho dos sujeitos, o pesquisador procurou promover esta reflexão crítica sobre o modelo pessoal de ensino dos sujeitos e a partir daí inseriu subsídios para que os professores pudessem altera-lo.

A partir destas intenções de pesquisa foi proposto ao grupo a realização de reuniões semanais, para estudos e construção do material a ser aplicado nas atividades com os alunos do ensino médio. A estruturação didática construída pelos sujeitos e pesquisador visou organizar os conceitos a serem discutidos de forma a levar em consideração os pressupostos da Investigação como princípio articulador do ensino de acordo com o aporte teórico de Cañal et al (1997) e a utilização da História da Ciência e da Experimentação no ensino de Ciências como principio articulador das atividades.

A elaboração do material necessário para a proposta de ensino também ocorreu durante todo o desenvolvimento da disciplina. Onde por meio de reuniões em sala, discutiu-se a escolha do tema, a proposta de ensino por investigação e o material teórico utilizado.

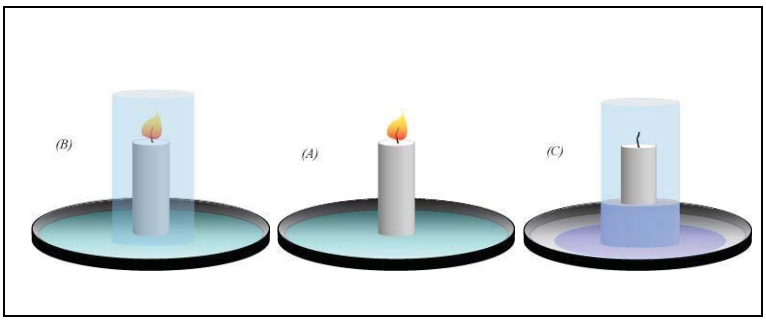
5.5 O material elaborado

O tema escolhido, em consenso pelo grupo de sujeitos, foi: “Combustão de uma vela em recipientes fechados”. Ele foi escolhido, principalmente, por possibilitar a abordagem de vários conceitos, tais como combustão, convecção, pressão e composição do ar atmosférico, além de possibilitar a utilização de material histórico. Tais materiais, como textos traduzidos de Philo de Bizâncio apud Vaux C. (1902), Priestley (1775), Lavoisier (1776, 1779) e Faraday (1908) foram incorporados à proposta de ensino, na medida em que os sujeitos foram compreendendo essa necessidade.

O material histórico foi disponibilizado ao grupo, por meio da tradução dos textos originais (encontrados no anexo A). A sequência de utilização dos textos e os recortes feitos dos mesmos partiram das concepções iniciais geralmente apresentadas pelos alunos e já estudadas em outros trabalhos. Estas concepções, conforme se constatam em inúmeros trabalhos anteriores a este (GALIAZZI et al., 2005; GAZOLA et al., 2009; VERA et al., 2011), apresentam um paralelismo à construção histórica do conhecimento científico indicando que a base das atividades se desenvolve de forma que “a ontogenia cognitiva recapitula a filogenia científica” (KUHN 1977, p.21).

A elaboração do material foi realizada de maneira a possibilitar aos alunos o primeiro contato com o conceito a ser abordado através da experimentação. Seguiram-se então os princípios didáticos referentes às atividades experimentais, abordados no capítulo 3 deste trabalho. Ou seja, primeiro planejou-se uma fase pré-experimental, onde se gerou uma série de questões problema a respeito de uma situação, neste caso o experimento da vela, fixada em um prato que contém água que é em seguida coberta por um copo (figura 4).

Figura 4: Procedimento para a elaboração de questões problema; (a) vela fixa em um prato contendo água; (b) cobre-se a vela com um copo; (c) observa-se os resultados.



A partir daí, para justificar as concepções e os problemas encontrados nos modelos conceituais formulados pelos alunos, de acordo com os princípios didáticos derivados da epistemologia da ciência, foram utilizados textos históricos, traduzidos pelo autor deste trabalho de suas fontes originais, e disponibilizados para os licenciandos. Pretendeu-se uma permanente reformulação conceitual e a visualização da ciência como uma construção sociocultural em constante transformação.

Para tanto, foram utilizados os cinco passos propostos por Cañal, já descritos anteriormente, como princípio norteador na elaboração desta atividade:

> a) Desenvolvimento de experiências a partir de problemas ou situações problema para os alunos.
>
> b) Delimitação e esclarecimento do problema, buscando explicações ou hipóteses.
>
> c) Coleta de dados em material bibliográfico ou realização de experimentos.
>
> d) Reelaboração de hipóteses originais.
>
> e) Aplicação e comprovação das ideias elaboradas. (CAÑAL et al., 1997, p. 48, tradução nossa).

A observação direta do experimento mostra que: 1) A vela se apaga; 2) A água sobe internamente no interior do frasco que cobre a vela. Posteriormente foram apresentadas algumas questões, como questões problema, geradoras do processo de investigação no sentido de desenvolver "[...] *experiências a partir de problemas ou situações ou problema para os alunos*" (CAÑAL et al., 1997):

Por que a vela se apaga?

Por que, ao apagar a vela, a água sobe dentro do copo?

Estas questões foram apresentadas, para que os alunos discutissem e pensassem nas respectivas respostas e escrevessem suas hipóteses, de maneira coletiva, em grupos de quatro indivíduos em busca de uma "*delimitação e esclarecimento do problema, buscando explicações ou hipóteses*".

Constatou-se, através da leitura de outros trabalhos e realizações anteriores desta atividade (GALIAZZI et al., 2005; GAZOLA et al., 2009; VERA et al., 2011), que a maioria das pessoas traz consigo concepções ingênuas acerca da combustão em recipientes fechados, e que essas concepções muito se assemelham aos estudos históricos iniciais sobre o fenômeno (Philo de Bizâncio). É possível que tal fato ocorra porque durante o processo de ensino formal, a ciência seja tratada de forma imutável, ou seja, como se fosse constituída única e exclusivamente de verdades absolutas, conforme conclui Matthews (1994).

Portanto, colocou-se à disposição dos alunos, neste material produzido, o material histórico onde esta concepção aparece pela primeira vez, a fim de proporcionar uma pequena "*coleta de dados em material bibliográfico ou realização de experimentos*".

Os passos seguintes, constituídos por meio de discussões nos pequenos grupos e discussões, tinham por objetivo confrontar as hipóteses elaboradas, produzir a reestruturação dessas hipóteses e buscar a comprovação com a aplicação dos novos conhecimentos a outras situações.

Após este primeiro experimento, que serviu de precursor para as questões iniciais das atividades, foram propostos mais quatro experimentos, nos quais os alunos, segundo os *princípios didáticos relacionados às atividades*

práticas, coletavam dados para que pudessem sustentar ou reformular suas hipóteses. Após a realização de cada um dos experimentos, se propôs também uma atividade onde se buscava a reconstrução dos conceitos que os alunos trabalhavam, através de fatos da história da ciência, em uma tentativa de contextualização histórica de cada atividade. A seguir, faz-se uma breve apresentação destes experimentos, indicando maiores detalhes e textos utilizados durante a contextualização histórica, no Anexo A deste trabalho.

Experimento 2: Oxidação da Palha de aço.

Neste experimento, produziu-se uma adaptação didática do experimento de oxidação do mercúrio de Lavoisier (figura 5). O metal no experimento de Lavoisier (mercúrio, e na transposição o aço), "captura" o oxigênio do ar confinado no recipiente, transformando-se em óxido, assim a água (no caso do experimento transposto Figura 6) ou mercúrio (para o experimento de Lavoisier), ocupa o lugar que antes era ocupado pelo oxigênio, possibilitando assim a coleta de dados referentes à proporção de oxigênio presente na atmosfera.

Figura 5: Experimento de oxidação do mercúrio (Lavoisier).

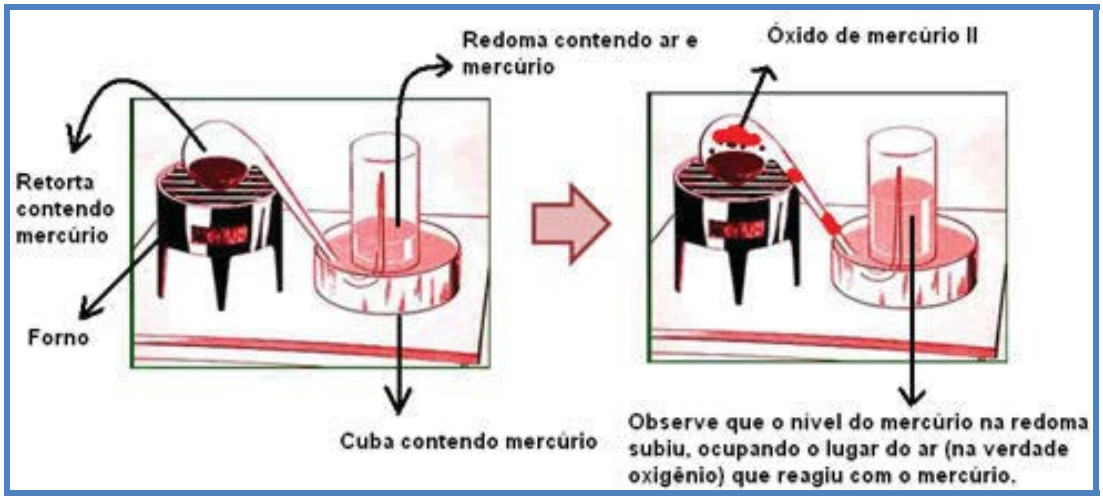
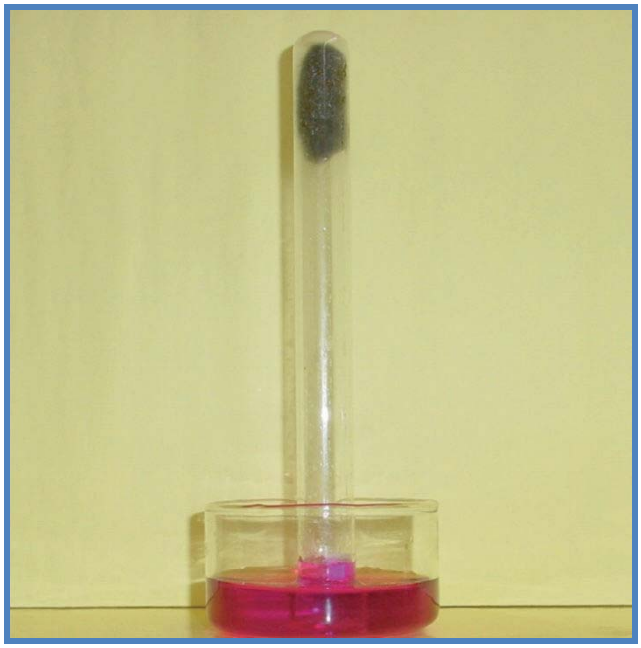


Figura 6: Adaptação do experimento de Lavoisier através da oxidação de palha de aço.



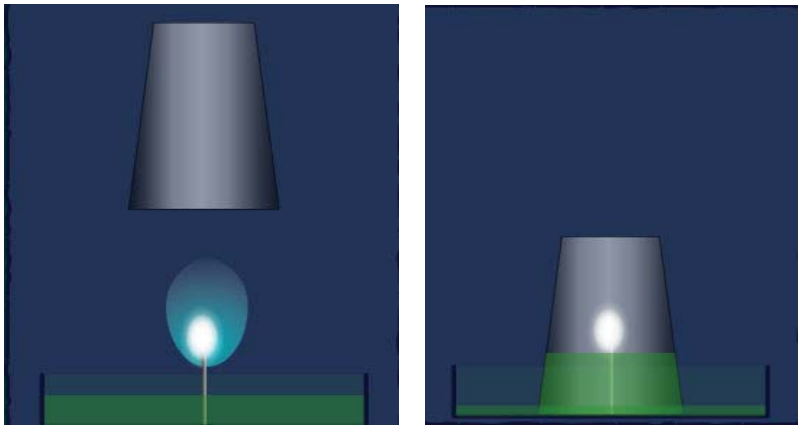
Por meio destes experimentos, os alunos coletaram os dados e então se fez uma média do volume de oxigênio encontrado por todos os grupos da sala, em seguida calculou-se a média da proporção de oxigênio atmosférico.

Experimento 3: combustão de álcool em um recipiente fechado.

Neste experimento, cobriu-se um chumaço de algodão embebido em álcool em combustão com um copo e observou-se que quando o fogo se apagava dentro do copo, a água tomava uma grande parte do copo (70%). Seu esquema está representado na figura 7. O objetivo deste experimento foi desestruturar a concepção trazida pelos alunos, principalmente após a realização do experimento anterior onde os alunos calcularam a porcentagem média de oxigênio no ar em torno de 20%, com a verificação de que há a possibilidade de a água ocupar um volume maior que o esperado por eles.

Buscou-se que os alunos propusessem novas hipóteses para o fenômeno observado.

Figura 7: Montagem experimental 3 (a) Coloca-se um chumaço de algodão embebido em álcool, sobre um suporte, acima de um prato com água; (b) inicia-se a combustão do algodão embebido em álcool e coloca-se o copo sobre o algodão.



Experimento 4: combustão da vela em um recipiente aberto.

O objetivo deste experimento foi mostrar aos alunos que mesmo em certos recipientes abertos, a vela se apaga. Entretanto, o experimento foi proposto apenas após os alunos elaborarem a hipótese de que se o recipiente estivesse aberto a vela não se apagaria. Após a verificação de que a vela continua se apagando, os alunos foram convidados a elaborar novas hipóteses explicativas. Posteriormente à discussão destas novas hipóteses o experimento é repetido dividindo-se o recipiente, por meio de uma lamina de metal, o que gera uma corrente de convecção que mantém a chama acesa (Figura 8).

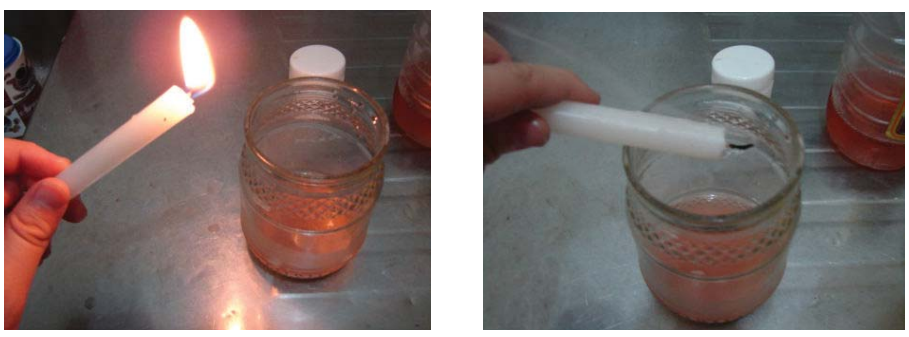
Figura 8: Montagem experimental 4; (a) tubos, laminas e velas utilizados; (b) montagem experimental com uma lamina de metal que divide o tubo e "organiza" a corrente de convecção, mantendo a vela acesa.

Fonte: http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num2/a10.pdf

Experimento 5: Transposição dos experimentos de Priestley (1775).

Este experimento foi apenas uma transposição simplificada dos experimentos de Priestley. Por meio de uma mistura de ácido acético e bicarbonato de sódio, gera-se gás carbônico e observa-se que quando aproximamos uma vela acesa d recipiente a mesma se apaga. Também se pode produzir oxigênio através da mistura de água oxigenada e hipoclorito de sódio, porém ao aproximarmos uma vela desta mistura, o brilho de sua chama aumentará (Figura 9).

Figura 9: Transposição dos Experimentos de Priestley; (a) em um recipiente mistura-se ácido acético e bicarbonato de sódio, produzindo gás carbônico (b) aproxima-se uma vela acesa.



O objetivo de toda esta sequência experimental foi fazer com que os alunos percebessem que definitivamente, a água não ocupa o lugar do oxigênio, que foi “queimado” pela vela dentro do copo (experimento 1). Por meio do experimento 2, constatou-se a quantidade aproximada de oxigênio atmosférico (cerca de 20%). A seguir no experimento 3, muito parecido com o experimento 1, percebeu-se que a água ocupava muito mais que os 20% de volume referente ao oxigênio. E finalmente, por meio do experimento 4, pôde-se entender parte dos fenômenos que ocorrem dentro do recipiente onde a vela é queimada.

A introdução do experimento 5, uma transposição muito simples dos experimentos de Priestley, surgiu a partir da segunda aplicação da proposta, devido a dificuldades encontradas pelos alunos no entendimento do texto histórico, e foi realizado de forma demonstrativa pelos professores.

5.6 A aplicação do Material

Conforme se mencionou anteriormente, a proposta de atividades desenvolvida pelos sujeitos em conjunto com o pesquisador foi aplicada a alunos de ensino médio em diversas situações. Porém, antes da realização da primeira aula, percebeu-se, em meio aos sujeitos de pesquisa, a necessidade de validação do material desenvolvido. Foi sugerido então, por um dos sujeitos, que se convidassem colegas da universidade para um “teste de aplicação” das atividades. Esta validação decidida pelo grupo teve um importante papel na reorganização da proposta e na reformulação de algumas posturas do grupo perante os alunos. E, novamente, após a atividade, o grupo discutiu sobre as novas perspectivas geradas por este ensaio. Uma semana após a discussão final sobre o material, ocorrem as aplicações para os alunos de ensino médio da rede pública de ensino.

No intuito de esclarecer e facilitar as futuras análises, o momento de aplicação do material foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa as aulas foram ministradas pelo grupo original de pesquisa (sujeitos e pesquisador). Já, na segunda etapa, as aulas foram ministradas somente pelos sujeitos de pesquisa, com auxílio de mais dois novos colegas, que não haviam participado na elaboração do material.

Durante a primeira etapa, que por sua vez foi dividida em duas aplicações, separada por alguns dias de intervalo, com duas turmas diferentes de alunos, os alunos da rede pública de ensino vieram até a universidade, onde estava à disposição do grupo um laboratório didático preparado previamente para a atividade.

Na primeira aplicação da primeira etapa, o grupo optou por utilizar um projetor multimídia, para apresentar um breve histórico sobre o material utilizado no Experimento 1 (figura 4). Foram discutidos de forma transmissiva alguns fatos históricos e a evolução tecnológica deste artefato. Após esta breve discussão, o grupo convidou os alunos a participarem das atividades propostas no Apêndice A1, A2, A3, que de maneira geral, seguiram o material apresentado sequencialmente. É interessante notar durante esta primeira aplicação, uma grande participação do pesquisador na regência da atividade

com relação aos demais membros do grupo. Após esta aplicação, o grupo se reuniu novamente e foram discutidas as atitudes didáticas de cada um dos membros do grupo.

A segunda aplicação ocorreu alguns dias depois, com uma turma diferente de alunos e aconteceu de forma um pouco diferente da anterior. Nesta se destacam uma maior participação de todos os membros do grupo, e uma organização diferente, advinda de necessidades desta nova turma de alunos, com relação à organização do material e aos experimentos realizados.

O grupo também optou por uma diminuição do tempo de apresentação inicial, deixando um espaço maior para a construção dos conceitos através dos experimentos e textos históricos. O experimento adaptado a partir do texto de Priestley também foi improvisado pelo pesquisador, mediante as necessidades desta turma em específico. Após esta segunda aplicação, foi discutida novamente a postura didática de cada um dos membros do grupo. Aplicou-se aos sujeitos de pesquisa um questionário, por meio de correio eletrônico (Apêndice A1, A2 e A3), a cada um dos membros com intuito de subsidiar um aprimoramento da coleta de dados.

Durante a segunda etapa, os sujeitos de pesquisa, foram convidados a deslocaram-se até duas escolas públicas, em dias distintos, para lá trabalharem com o material desenvolvido. Conforme dito anteriormente, nesta etapa, não houve a participação do pesquisador junto ao grupo de trabalho. Porém, mesmo sem a presença do pesquisador, ao se depararem com situações inesperadas, os integrantes originais do grupo se esforçaram e adaptaram a proposta, de acordo com as necessidades exigidas pela turma.

5.7 Coleta e Organização dos dados

A coleta e a organização foram realizadas de forma descritiva, qualitativamente, observando-se apenas a situação em questão (SAMPIERI et al., 2006). O registro de dados foi feito em forma de gravação em vídeo, áudio e, também, através de entrevistas com questões semiestruturadas e questionários obtidos via correio eletrônico.

Partindo das intenções do caráter qualitativo desta pesquisa e no intuito da utilização do método fenomenológico de Giorgi (1985), planejaram-se e foram realizadas diversas situações para a coleta de dados. De forma geral, estas situações foram organizadas na forma descrita a seguir. Esta organização pretendeu produzir material suficiente para a realização de uma triangulação prevista pelo método supracitado.

1) a elaboração de material didático;
2) a primeira aplicação do material;
3) a reflexões sobre a primeira aplicação;
4) a segunda aplicação;
5) a reflexões sobre a segunda aplicação
6) aplicações futuras da proposta sem a participação do pesquisador
7) entrevista final

As entrevistas semiestruturadas contemplaram as seguintes temáticas:
a) A construção Histórico Epistemológica da Ciência,
b) o modelo pedagógico em questão,
c) reflexões sobre o modelo de ensino tradicional,
d) a proposta de ensino por investigação.

Os dados foram coletados durante o primeiro semestre e início do segundo semestre de 2012 e abrangeram as atividades formativas da disciplina Estágio Supervisionado em Ensino de Química I e II, acompanhando o processo de preparação do material didático a ser utilizado no minicurso e cada uma das atividades didáticas realizadas com o material elaborado. As

entrevistas foram realizadas ao longo do processo, e contemplaram perguntas (apêndices A1, A2 e A3) que procuravam esclarecer as concepções presentes nos modelos didáticos dos sujeitos em cada uma das situações.

As aulas foram gravadas em vídeo e posteriormente assistidas pelos licenciandos, no intuito de se fazer uma avaliação de suas atuações, bem como do material desenvolvido. Após esta avaliação, foi proposto pelo professor da disciplina que o material fosse aplicado novamente, porém agora em duas diferentes escolas públicas da cidade.

6 ANÁLISE DOS DADOS

6.1 Referencial de análise de dados

A análise, aqui apresentada conforme indicado no capítulo anterior, considera dados transcritos advindos de três diferentes meios de coleta: gravação em vídeo durante a aplicação das atividades desenvolvidas pelos sujeitos de pesquisa, entrevistas, com questões semiestruturadas respondidas pelos sujeitos por meio de correio eletrônico (após as duas primeiras aplicações da atividade) e entrevistas gravadas em áudio realizadas ao final de todo o processo.

O foco da análise é a teoria da mudança de modelo didático pessoal proposta por Ballenilla (1999). Conforme já discutido no capítulo 4, esta teoria pressupõe que para que ocorram mudanças no modelo didático pessoal, o sujeito deve primeiramente enxergar de forma crítica seu próprio modelo didático e o mais importante, para que este sujeito construa um novo modelo didático de referencia, ele deve ser auxiliado em relação aos princípios didáticos que envolvem a construção e a aplicação de atividades didáticas.

Estes princípios didáticos, também já discutidos no capítulo 4, regulamentam, segundo Ballenilla (1999), a educação como uma prática social com a função de transmitir os conhecimentos necessários para a interação do indivíduo com a sociedade e para preparar os alunos para enfrentarem problemas futuros. Com base neste princípio, o professor regula toda sua atuação profissional, ou seja, constrói seu modelo didático pessoal.

Portanto, esta análise foi baseada, principalmente, na aplicação destes princípios didáticos, já discutidos no aporte teórico deste trabalho, para que se possa verificar a possibilidade de evolução dos modelos didáticos pessoais dos sujeitos.

Para tanto, inicialmente, conforme a teoria de análise fenomenológica de Giorgi (1985), partindo da transcrição dos dados, foi realizada uma leitura das descrições, inicialmente sem buscar quaisquer explicações, para que se pudesse enxergar um sentido do todo.

Em seguida, realizou-se uma leitura individual de cada uma das expressões, a procura de unidades de significado (MARTINS; BICUDO, 1994). Observou-se então, a necessidade de composição de quadros de análise ideográfica, para possibilitar o mapeamento das unidades de significado, precursores de uma análise mais profunda com base nos princípios didáticos (Ballenilla,1999), para o desenvolvimento do modelo didático de referência.

Finalmente, após a elaboração dos quadros de análise ideográfica, foi possível uma análise mais profunda a partir das discriminações de categorias das expressões concretas dos sujeitos transformadas em linguagem psicológica.

Estas discriminações de categorias tornou possível a síntese das unidades de significado. Seus resultados foram então transformados em uma estrutura da experiência a qual avaliamos finalmente as mudanças nos modelos didáticos pessoais dos sujeitos.

Para fins de organização, na estrutura da análise, foram apresentados, separadamente, cinco momentos, de acordo com a construção e aplicações das atividades, ou seja, construção da atividade, primeira aplicação da atividade, segunda aplicação da atividade, terceira aplicação da atividade e finalmente quarta aplicação da atividade. A partir desta divisão de momentos é apresentada uma análise ideográfica composta por quadros. Cada um destes quadros apresenta três colunas que expressam as unidades de significado fenomenológico, os princípios didáticos envolvidos e a expressão do sujeito de pesquisa (a fala do sujeito transcrita). Assim, ao observar cada linha dos quadros teremos uma perspectiva fenomenológica superficial, sobre o desenvolvimento dos princípios didáticos perante as expressões do sujeito.

6.2 Análise das manifestações dos sujeitos durante a elaboração da atividade.

Nesta seção, apresenta-se uma análise ideográfica das manifestações dos sujeitos durante a elaboração das atividades investigativas. A seguir será apresentada uma analise mais detalhada destas manifestações, selecionadas a partir dos princípios didáticos envolvidos na estruturação do modelo pessoal de ensino.

Quadro 4: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a elaboração das atividades.

Unidades de Significado	Princípios didáticos envolvidos	Manifestações dos sujeitos de pesquisa
Insegurança com relação ao modelo teórico-prático.	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação Princípios didáticos referentes a epistemologia	P1 - “A gente tem mesmo que usar os fatos históricos no minicurso? Por quê?”. P3 - “Mas o aluno vai chegar à resposta certa? E se eles não chegarem?”.
Preocupações relacionadas ao conteúdo e tempo.	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 - “Eu acho que não vai dar tempo de ver todo o conteúdo que a gente quer passar para eles” P1 - “Quanto tempo discutiremos cada tema com os alunos?”.
Crítica sobre a própria atuação (modelo pessoal tradicional).	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P3 - “Às vezes, quando um aluno faz uma pergunta muito complexa, eu não sei nem como começar a responder” P2 - “Não sou boa em fazer perguntas para os alunos, não sei como perguntar”.

Fonte: O autor

Inicialmente, apesar de toda a reflexão teórica realizada pelo grupo, durante a disciplina e durante as reuniões para a elaboração do planejamento das atividades, notamos o que chamamos de “desconfiança” por parte dos sujeitos com relação à efetividade da nova perspectiva teórico-prática a ser implementada. Tal desconfiança, segundo Porlán (1993), se deve ao fato de que o professor ainda não possui subsídios suficientes, neste caso,

relacionados aos *Princípios didáticos relacionados ao uso da investigação* para trabalhar em acordo com estas novas perspectivas didáticas.

Uma expressão desta desconfiança se relaciona com o desempenho dos alunos, e mesmo, expressa que o critério de avaliação de P3 para a efetividade da aula é pautado na ideia de que o aluno necessita chegar a uma resposta final e que esta seja certa.

> P3: *Mas, o aluno vai chegar na resposta certa? E se eles não chegarem?*

Conforme se discutiu anteriormente, no primeiro capítulo deste trabalho, a perspectiva da proposta de ensino por investigação, não pressupõe que o aluno prontamente chegará ao conceito cientificamente mais aceito sobre uma determinada questão, mas sim que o aluno passará por um processo que permitirá a evolução de suas concepções relacionadas a este conceito. A preocupação com uma resposta imediata e correta dos alunos, sem a preocupação com todo o processo de investigação, mostra aqui uma deficiência teórica em relação à metodologia da proposta investigativa pretendida pelo grupo.

A partir das ideias de Ballenilla (1999) e compreendendo as características dos diferentes modelos pessoais de ensino, parece que a "desconfiança" envolve um desconforto enfrentado pelo sujeito no processo de reflexão, que exige a mobilização e questionamento sobre os modelos de ensino pessoal. Ao ser colocado diante de uma situação de planejamento de ensino, P3 utilizou parâmetros de avaliação diferentes daqueles que sustentam a própria proposta, assim, a nosso ver esta aplicação do referencial teórico-prático do sujeito gerou um conflito ao se deparar com outra lógica investigativa para a organização do ensino. Esta lógica não pareceu viável para P3, que manifestou sua dificuldade na forma de “desconfiança”. Deixar claro onde isso aparece na fala do sujeito.

Surge também como fator interessante, a desconfiança em relação à obrigatoriedade de se usar o novo referencial teórico, tendo em vista a necessidade de buscar conhecimentos em outras fontes a fim de sustentar a proposição das atividades. A fala de P1, ao questionar a necessidade de

utilizar os fatos históricos no planejamento e construção das atividades, indica dificuldade em saber fazer.

P1: *A gente tem mesmo que usar os fatos históricos no minicurso?*

Aqui se expressa uma dificuldade em realizar a integração de diferentes princípios didáticos, o epistemológico e o de investigação, em que se constitui a ação docente, evidenciando a realidade da aula como um sistema complexo e singular. Sendo assim, o sujeito procura na resposta do formador/pesquisador, uma forma de se desvencilhar desta tarefa uma vez que ela lhe provoca insegurança.

Essa mudança de foco, de uma desconfiança sobre um elemento externo para algo interno, pode indicar o diálogo que passou a ser feito com a teoria que se propunha. Para Galiazzi e Moraes (2002) as condições para superar esta insegurança podem ser propiciadas pelo processo formativo, mas não se situam apenas na dependência da atuação do formador. O futuro professor deve assumir também a responsabilidade por sua construção. Em suas palavras,

> O futuro professor precisa desenvolver condições tanto em conhecimentos como em habilidades práticas para propor alternativas de trabalho a partir do estudo das realidades em que se insere. Precisa desenvolver coragem para enfrentar a insegurança da mudança e ser capaz de sustentar suas propostas até mesmo em ambientes hostis. Nisto, evidentemente, precisa saber trabalhar com os outros cooperativamente. (p. 227)'

Apesar de focar na necessidade de o professor assumir o controle de seu próprio processo formativo, os mesmos autores enfatizam a importância do trabalho coletivo neste processo. Assim, é necessário oportunizar situações que permitam planejar e aplicar colaborativa e coletivamente as atividades a serem desenvolvidas com os alunos, durante o processo de formação inicial, o que pode produzir modificações significativas na formação dos professores.

Constatou-se também, nas manifestações dos sujeitos uma preocupação constante com relação à quantidade de conteúdo abordado em função do tempo disponível, possivelmente alicerçadas nas orientações curriculares, ou até mesmo preocupações características do modelo de ensino tradicional ao qual os sujeitos estão acostumados.

> P2: *Eu acho que não vai dar tempo de ver todo o conteúdo que a gente quer passar para eles*
> P1: *Quanto tempo discutiremos cada tema com os alunos?*

Na opinião de Ballenilla (1999), estas alterações nas concepções e modelo didático do professor não são objetivos fáceis de serem alcançados. Demandam não apenas esforço formativo (advindo do curso de formação e dos formadores responsáveis por ele), mas do próprio professor em formação. Em suas palavras:

> (...) o professor, em um contexto único, complexo e incerto, deve levar em conta os princípios educacionais de seu modelo para elaborar hipóteses curriculares genuínas colocá-las em prática e avaliar seus resultados, para a reelaboração e modificação de sua teoria e prática. Isso, em um processo contínuo que levará como resultado não somente a melhoria do ensino, mas também seu próprio desenvolvimento profissional. (BALLENILLA, 1999, p.66)

Ainda, percebe-se que, nas expressões de P2 e P3, o contato inicial com novas perspectivas evidencia aos próprios sujeitos algumas dificuldades não superadas a partir do seu modelo didático tradicional. Porlán (1993) indica essas evidências como pontos principais para o reconhecimento crítico deste modelo pessoal, e sugere que a mudança da prática pessoal do professor começa a partir deste momento.

> P3: *As vezes quando um aluno faz uma pergunta muito complexa eu não sei nem como começar a responder"*
> P2: *Não sou boa em fazer perguntas para os alunos, não sei como perguntar".*

Percebe-se ainda, nas manifestações de P2 e P3, dificuldades com relação à proposta investigativa. Parece haver, ainda, a necessidade de orientação por parte do formador/pesquisador com relação à aplicação prática dos princípios didáticos relacionados à investigação no ensino de ciências, pois a formulação de questões que instiguem os alunos a formular hipóteses e a refletirem sobre o tema trabalhado é um dos principais mecanismos de argumentação do professor nesta proposta de ensino.

6.3 Análise das expressões durante e após a primeira aplicação da atividade.

Nesta seção, apresenta-se uma análise ideográfica das manifestações dos sujeitos durante a primeira aplicação da atividade e também sobre uma entrevista realizada por meio de correio eletrônico após esta primeira aplicação. Em seguida apresenta-se uma análise mais detalhada destas manifestações. A participação dos sujeitos se torna mais constante, o reconhecimento de alguns princípios e a prática da nova proposta fazem emergir novos conflitos que se sustentam na aplicação dos princípios da proposta de ensino por investigação.

Quadro 5: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a primeira aplicação da atividade.

Unidades de Significado	**Princípios didáticos envolvidos**	**Manifestações dos sujeitos de pesquisa**
Tentativa de indução de resposta	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 - “Então você tá falando que em parte a água tá ocupando o lugar que o oxigênio foi consumido?”.
Dificuldade de lidar com texto histórico	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P1 – “Então inicialmente eles não faziam os experimentos para determinar as coisa igual à gente fez para determinar a porcentagem de oxigênio do ar atmosférico. Eles tinha essa relação, eles consideravam esses quatro elementos e achavam que isso era suficiente. Só que daí passou um tempo e começou a ter uma revolução científica, as pessoas começaram a estudar separadamente... Começaram surgir curiosidade de saber o porque das coisas, tá.”.
Transposição didática	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P1 – “Então, antes a gente não tinha essa padronização de unidades. A gente não tem um padrão internacional de unidades? Então, antes eles não tinham essa padronização, então eles utilizavam vários sistemas de medidas, por isso esses nomes aqui, onça, polegadas, pé cúbico, tá. Era a forma que eles utilizavam pra medir. Então, não tinha uma padronização. Ela utilizava um sistema de medida, o outro, outra. Não tinha então essa padronização que a gente tem hoje. Cada país utilizava um sistema de medida. Por que teve essa necessidade? Como que a gente vai compartilhar? Eu fiz um experimento aqui, o colega fez outro, como que a gente vai compartilhar nossos dados se a gente não tem uma unidade pra gente poder compartilhar isso. Então, por isso da padronização. Que antes eles não compartilhavam, depois com o tempo eles foram aprendendo a passar esse conhecimento um para o outro.”

Quadro 6: Manifestações dos sujeitos de pesquisa após a primeira aplicação da atividade.

Unidades de Significado	Princípios didáticos envolvidos	Manifestações dos sujeitos de pesquisa
Insegurança com relação ao modelo teórico-prático, apreensão durante sua aplicação.	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 - "(...) estava muito insegura às vezes por ansiedade atrapalhei até mesmo o raciocínio dos alunos.". P3 – "(...) não sabia ao certo como fazer para perguntar, ou para questionar os alunos, sentia medo e apreensão com relação ao método avaliativo."
Preocupações relacionadas ao conteúdo e tempo.	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P3 - "(...) faltou atenção a minha parte para não invadir a linha do tempo.". P3 - "(...) medo de acabar sem ter passado todo o conteúdo ou ter alcançado o objetivo final.".
Crítica sobre a própria atuação.	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 "Faltou um pouco mais de liderança e iniciativa, algumas questões tanto no preparo como na aplicação do minicurso (...)". P3 "(...) deixei a desejar em algumas coisas como explicação ou falta de estudar um pouco mais o conceito elaborado.".

Apesar de todos os subsídios fornecidos durante a elaboração da proposta, percebe-se na expressão de P1 uma forte influencia do modelo tradicional de ensino, conforme indica o Quadro 5.

> P1: *"Então você tá falando que em parte a água tá ocupando o lugar que o oxigênio foi consumido?".*

Por meio desta expressão, P1 tenta uma indução da resposta que se acomode de maneira mais direta ao material previamente preparado, deixando de lado alguns *princípios didáticos referentes à proposta investigativa* e simplesmente transmitindo uma ideia pronta aos alunos, impedindo-os de refletirem sobre as suas hipóteses. O professor, neste caso, utiliza o questionamento para induzir uma resposta que seria mais conveniente a sequencia didática planejada, ao invés de encaminhar os alunos a testarem suas hipóteses, deixando assim, de "proporcionar aos alunos uma

oportunidade de acesso a novos conteúdos necessários de acordo com plano de trabalho" (CAÑAL apud BIANCHINI, 2011, p.80).

Na tentativa de aproximar o texto histórico em discussão, da realidade dos alunos, P1 encontra dificuldades e acaba apenas transmitindo informações históricas simplórias que não descrevem realmente os verdadeiros fatos históricos, em desacordo com os *princípios didáticos derivados da epistemologia da ciência*. Ou seja, o professor perde uma interessante oportunidade de mostrar aos seus alunos que o pensamento científico atual está sujeito a transformações, a compreensão mais profícua do método científico e a aproximação dos alunos à realidade vivida pelos pensadores e cientistas (MATTHEWS, 1994).

> P1: *Então inicialmente eles não faziam os experimentos para determinar as coisa igual a gente fez para determinar a porcentagem de oxigênio do ar atmosférico. Eles tinham essa relação eles consideravam esses quatro elementos e achavam que isso era suficiente. Só que daí passou um tempo e começo a ter uma revolução científica, as pessoas começaram a estudar separadamente... Começaram surgir curiosidade de saber o porquê das coisas, tá.*

> P1: *Então, antes a gente não tinha essa padronização de unidades. A gente não tem um padrão internacional de unidades? Então, antes eles não tinham essa padronização, então eles utilizavam vários sistemas de medidas, por isso esses nomes aqui, onça, polegadas, pé cúbico, tá. Era a forma que eles utilizavam pra medir. Então, não tinha uma padronização. Ela utilizava um sistema de medida, o outro, outra. Não tinha então essa padronização que a gente tem hoje. Cada país utilizava um sistema de medida. Por que teve essa necessidade? Como que a gente vai compartilhar? Eu fiz um experimento aqui, o colega fez outro, como que a gente vai compartilhar nossos dados se a gente não tem uma unidade pra gente poder compartilhar isso. Então, por isso da padronização. Que antes eles não compartilhavam, depois com o tempo eles foram aprendendo a passar esse conhecimento um para o outro.*

Esta confusão pode estar relacionada com o fato de que os sujeitos ainda não possuem subsídios teórico-praticos suficientemente estabelecidos para trabalhar com uma atividade que envolva a história da ciência, pois este tipo de atividade demanda um grande trabalho de estudo e pesquisa, que não estão presentes no processo formativo dos professores, que tradicionalmente

apenas proporciona uma educação conformista em ciências. Este tipo de currículo foi muito influenciado pela obra *A estrutura das revoluções científicas* de Thomas Kuhn, que aprofundou as ideias das virtudes de uma educação conformista. Segundo Matthews (1994):

> "Kuhn aprofundou essas ideias sobre a virtude de uma educação conformista em ciências em seu trabalho mais influente, *A estrutura das revoluções científicas*, onde afirma que, numa sala de aula de ciências, a história da ciência deveria ser distorcida para que os cientistas do passado fossem retratados como se trabalhassem o mesmo conjunto de problemas trabalhados pelos cientistas modernos (1970, p. 138). Essa distorção tem como meta fazer com que o cientista em formação sinta-se parte integrante de uma tradição bem sucedida na busca da verdade: Os livros texto, desse modo, começam por truncarem a percepção - que o cientista tem da história de sua disciplina e prosseguem suprindo um substituto para aquilo que eliminaram (p. 137) (MATTHEWS, 1994, p. 176)".

Isto também se justifica nos pensamentos de Stephen Brush, para quem *"a história da ciência poderia ser uma influência negativa sobre os estudantes porque ela ceifa as certezas do dogma científico; certezas essas que são tão úteis para se manter o entusiasmo do principiante"* (MATHEWS, 1994).

Apesar da participação de P1, pode-se observar, a partir da transcrição da gravação de vídeo desta aplicação da proposta, que os outros sujeitos pouco se manifestaram no decorrer da atividade, fazendo com que fossem necessárias muitas intervenções por parte do pesquisador. Após a atividade, analisando suas entrevistas, percebe-se que esta ausência por parte dos sujeitos pode ser devido à insegurança em relação ao novo modelo didático pessoal, ainda em construção. Percebe-se nas expressões de P2 e P3 o reconhecimento sobre suas dificuldades com relação aos *princípios didáticos relacionados à proposta investigativa.*

> P2: *(...) estava muito insegura às vezes por ansiedade atrapalhei até mesmo o raciocínio dos alunos.*
> P3: *(...) não sabia ao certo como fazer para perguntar, ou para questionar os alunos, sentia medo e apreensão com relação ao método avaliativo.*

Por meio desta expressão, P2 percebe que, a atitude do grupo, a exemplo das tentativas de indução de respostas discutidas anteriormente, ao

invés de ajudar os alunos a refletirem sobre a situação problema e suas hipóteses, acaba por atrapalhar o raciocínio dos mesmos.

Entretanto, após algumas discussões posteriores à aplicação, os próprios sujeitos enxergam criticamente sua postura, com relação à "liderança e iniciativa", ou seja, o sujeito P1 reconhece que a participação ativa do professor é essencial, neste tipo de proposta.

> P1: Faltou um pouco mais de liderança e iniciativa, algumas questões tanto no preparo como na aplicação do minicurso (...).
>
> P3: (...) deixei a desejar em algumas coisas como explicação ou falta de estudar um pouco mais o conceito elaborado.

Percebe-se que o sujeito P3 também manifesta a sua insatisfação em relação a sua postura durante a aplicação, porém, uma parte desta manifestação crítica, ainda contradiz os *princípios didáticos relacionados à proposta investigativa,* quando P3 se preocupa com explicações aos alunos, o que destaca, ainda, uma forte ligação com o modelo tradicional de ensino.

A tomada de consciência sobre as próprias ideias pedagógicas é o primeiro passo para possíveis modificações no modelo didático pessoal. Ao tomar consciência o sujeito confronta seu modelo de prática e pode se encaminhar à teoria a fim de iniciar uma reflexão em busca de novos referenciais teóricos de atuação, com uma atitude favorável à sua transposição para a prática. Nas palavras de Porlán e Garcia (1997), a tomada de consciência e o contraste dos resultados da experiência vivenciada poderão ser eficientes no processo formativo.

> […] - tomar consciência do sistema de ideias próprias sobre os processos de ensino-aprendizagem das ciências e, especialmente, daquelas nas quais esteja implicado (modelo didático pessoal);
>
> […] - contrastar os resultados da experiência com as hipóteses de partida e com o modelo didático pessoal, estabelecer conclusões, comunicá-las ao conjunto dos professores, detectar novos problemas, ou novos aspectos de velhos problemas, e recomeçar. [...] (p. 16 - 17)

Finalmente, analisando a expressão de P3.

> *P3: (...) faltou atenção da minha parte para não invadir a linha do tempo" (...) "medo de acabar sem ter passado todo o conteúdo ou ter alcançado o objetivo final.*

Percebe-se nas expressões deste sujeito uma preocupação com a transmissão da quantidade de conteúdo no exíguo tempo de aula, o que demonstra uma necessidade de atenção especial para com os subsídios relacionados aos *princípios didáticos investigativos*, que propõem, segundo Cañal (2000) que o professor deve se preocupar muito mais com seus esforços para proporcionar aos alunos uma oportunidade de acesso a novos conteúdos necessários para o desenvolvimento do conceito em questão, do que com a quantidade de conteúdo simplesmente transmitido. Além disso, o sujeito ainda parece manifestar a opinião de que este conteúdo deve ser acabado, ou seja, o objetivo final seria explicar todos os conceitos pretendidos, o que pode induzir a uma compreensão da ciência como algo acabado e definitivo.

Ballenilla (1999) deixa claro que o modelo didático pessoal do sujeito é construído através de toda sua vida e é influenciado principalmente pela sua história acadêmica pessoal como aluno e pela sua adaptação ao contexto institucional, ou seja, este professor adotará como modelo didático pessoal um modelo semelhante ao modelo pelo qual foi ensinado. E tal modelo não pode ser alterado com facilidade, portanto nesta primeira aplicação da proposta é natural que estes sujeitos ainda sejam fortemente influenciados pelo seu modelo didático formativo, ou seja, tradicional. Neste sentido, cabe ao pesquisador/formador, perceber estas ocorrências e trabalhar com os professores no sentido de promover uma reflexão crítica sobre estas colocações, para então oferecer os subsídios necessários para reconstrução do modelo didático pessoal.

6.4 Análise das expressões durante e após a segunda aplicação da atividade.

A análise mais detalhada das manifestações dos sujeitos durante a segunda aplicação da atividade e também sobre uma entrevista feita por meio de correio eletrônico após a primeira aplicação mostra que o sujeito P1 começa a entender os princípios didáticos relacionados à proposta, enquanto os outros sujeitos pouco se manifestam. Posteriormente todos os sujeitos reconhecem sua postura e criticam sua própria atuação.

Quadro 7: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a segunda aplicação da atividade.

Unidades de Significado:	**Princípios didáticos envolvidos**	**Manifestações dos sujeitos de pesquisa**
Explicação sem esperar que os alunos pensem	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: Então, o experimento de cada grupo foi realizado por pessoas diferentes, certo? Então cada pessoa fez de um modo. Então, quer dizer, se ela deixou o Bombril mais tempo, ou demorou pra colocar dentro do tubo de ensaio, tudo isso interfere no resultado.
Questionamento do objetivo	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: Isso. Então acarreta no meu resultado um erro. Então como que eu faço pra ter um valor que eu posso utilizar como geral aqui da sala?
Dificuldade conceitual	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P1: O que a gente viu a primeira coisa? A gente viu aquele texto do Philo. Ele chegou na mesma concepção de vocês, que tinha o oxigênio acabado e que a água tinha substituído o lugar do oxigênio dentro do copo, não foi isso? (...) Por muito tempo ficou essa concepção, poucas pessoas estudaram esse experimento, tá? E nessa época as pessoas tinham uma ideia de que tudo era formado por quatro elementos, terra, fogo, ar e água. Isso ficou por muito tempo essa ideia. Aí depois de muito tempo as pessoas começaram a questionar essa ideia. Mas como assim 4 elementos? Então veio essa revolução científica. Aí um cara resolveu estudar isso mais a fundo, vamos ver a ideia dele aqui?
Transposição do texto histórico.	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P1: Então o que era a ideia dele? Ele tinha a ideia que o ar era composto de uma mistura de gases, mas ele não especificou o gás. A gente sabe o que é, um dos componentes é o oxigênio (...) Mas na época ele não dava esse nome, ele não sabia que era o oxigênio. P1: Aí mais pra frente em 1779, Lavoisier começou a estudar esse experimento que o

		Priestley tinha feito. Vamos ver o que ele observou estudando mais a fundo isso.
Resposta pronta aos alunos	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: Não mudou a quantidade, ele só expande. Quando eu aqueço o balão, ele infla, não é?

Fonte: O autor

Durante esta aplicação da atividade, pode-se observar uma participação ainda mais ativa do sujeito P1, que aparentemente tenta desenvolver seu modelo didático pessoal dentro da proposta investigativa, porém ao encontrar alguma dificuldade, ainda recorre ao modelo didático tradicional transmissivo, o que é previsível na literatura (BALLENILLA, 1999). Por outro lado, os outros sujeitos mantiveram sua postura e não participaram muito ativamente nas atividades com os alunos, incluindo em suas intervenções apenas o que haviam ensaiado e fornecendo apenas algumas respostas pré-formuladas. Pode-se perceber por parte de P1 um esforço para mudar seu modelo didático pessoal.

> P1: *Não mudou a quantidade, ele só expande. Quando eu aqueço o balão, ele infla, não é? ISTO NÃO EH UMA PERGUNTA.*

O sujeito começa a utilizar perguntas inclusive para fornecer respostas prontas aos alunos, conforme podemos observar neste outro exemplo. Pode-se então, a partir desta manifestação, presumir uma tentativa de adoção dos *princípios didáticos relacionados ao uso da investigação*. Esta utilização de uma situação conhecida pelos alunos na tentativa de delimitar o problema nas hipóteses do grupo mostra uma preocupação maior com a proposta de investigação, que prevê a utilização de estratégias pessoais semelhantes aos processos científicos.

Porém percebe-se que o sujeito ainda necessita de subsídios do pesquisador/formador para a reformulação de sua abordagem de modo que ao invés de dar as repostas aos alunos, o sujeito tenha condições para orientar a linha de pensamento das hipóteses dos mesmos.

> P1: *Isso. Então acarreta no meu resultado um erro. Então como que eu faço pra ter um valor que eu posso utilizar como geral aqui da sala?*

Parece que P1 enxergou criticamente seu modelo didático pessoal e começa a transforma-lo, porém percebe-se uma carência teórica e prática deste sujeito em relação à metodologia de trabalho proposta. Na opinião de Ballenilla (1999), este seria o momento ideal para a apresentação de um novo modelo ou propostas e exemplos concretos que possam servir de referencia para orientar o processo de mudança. O pesquisador, como parte atuante neste grupo, assume exatamente o papel de oferecer exemplos concretos que possam servir referência para ajudar neste processo de mudança.

Além disso, P1 ainda apresenta dificuldades com relação aos *princípios didáticos derivados da epistemologia*. Na tentativa de contextualização histórica dos conceitos abordados em sala, este sujeito acaba por simplesmente transmitir uma interpretação simplória e totalmente descaracterizada socialmente da evolução dos conceitos relacionados ao fenômeno em estudo.

> P1: *O que a gente viu a primeira coisa? A gente viu aquele texto do Philo. Ele chegou na mesma concepção de vocês, que tinha o oxigênio acabado e que a água tinha substituído o lugar do oxigênio dentro do copo, não foi isso? (...) Por muito tempo ficou essa concepção, poucas pessoas estudaram esse experimento, tá? E nessa época as pessoas tinham uma ideia de que tudo era formado por quatro elementos, terra, fogo, ar e água. Isso ficou por muito tempo essa ideia. Aí depois de muito tempo as pessoas começaram a questionar essa ideia. Mas como assim quatro elementos? Então veio essa revolução científica. Aí um cara resolveu estudar isso mais a fundo, vamos ver a ideia dele aqui?*

Esta dificuldade pode demonstrar uma carência na formação do sujeito com relação a estes *princípios didáticos epistemológicos* que compõem a proposta. Pode também ser reflexo da formação deficiente deste sujeito, que não considerou a contextualização histórica de conceitos científicos. Por outro lado, também podem ser influencias superadas em nível científico, mas que continuam fazendo parte da prática deste sujeito. Percebe-se então, falta de subsídios teóricos e práticos para que este professor desenvolva corretamente

estes princípios didáticos que, segundo Ballenilla (1999), devem fazer parte de um modelo didático de referência.

A proposta formativa levada a estes sujeitos teve como base a possibilidade de reflexão dos mesmos sobre sua própria atuação uma vez que oportunizou diferentes momentos entre aplicação, reestruturação e reaplicação das atividades de ensino elaboradas. No quadro 8 indicam-se as manifestações dos sujeitos após a segunda aplicação das atividades propostas de forma a proporcionar a retomada dos princípios didáticos envolvidos no processo formativo utilizado.

Quadro 8: Manifestações dos sujeitos de pesquisa após a segunda aplicação da atividade.

Unidades de Significado	Princípios didáticos envolvidos	Manifestações dos sujeitos de pesquisa
Reflexões sobre a própria atuação	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 “estava mais preparada e utilizei melhor o tempo e aperfeiçoei o meu método de abordagem com os alunos” P3 “saímos melhor devido a prática já imposta na primeira e por isso deu mais segura para aplicar aos alunos.”.
Reflexões sobre o papel do professor.	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 - “O professor nesta metodologia tende a ser apenas um orientador, deixando os alunos instigados para descobrir o resultado final. Neste ponto a aprendizagem dos alunos é melhor por que eles compreendem melhor e mais significativamente”. P2 – “Esta metodologia exige do professor além do domínio do conteúdo. Faz necessário um controle de tempo e de argumentação pra a construção do raciocínio do aluno.”. P3 – “O professor deve saber questioná-los, se não o foco da aula pode ser perdido”.
Reflexões sobre questões referentes aos alunos	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 - “(...) os alunos têm a capacidade de juntar todo seu histórico de aprendizado para construir um novo, os alunos ficam mais participativos e também evoluem e aprendem mais do que na metodologia tradicional.”. P3 - “(...) ela prepara muito mais os alunos, por exigir deles um conhecimento mais aprofundado. Além de ajuda assimilar o conteúdo estudado com a realidade onde estes indivíduos estão inseridos.”.

Fonte: O autor

Após discussões e reelaborações percebe-se, por parte dos licenciandos, maior segurança com relação à proposta. Suas avaliações em relação ao trabalho realizado indicam que houve uma satisfação pessoal e o reconhecimento de que é necessário investir na constante reelaboração de seu modelo didático pessoal. Após a aplicação da atividade elaborada pela segunda vez, os licenciandos se expressam assim,

> *P2: (...) estava mais preparada e utilizei melhor o tempo e aperfeiçoei o meu método de abordagem com os alunos.*
> *P3: (...) saímos melhor devido à prática já imposta na primeira e por isso deu mais segura para aplicar aos alunos.*

Os sujeitos parecem partir de avaliações um pouco mais elaboradas da prática didática, principalmente a respeito dos *princípios didáticos relativos à proposta investigativa*, reconhecem a possibilidade, mediante a prática, de avançar gradualmente do modelo de ensino tradicional uma nova postura. Esta postura exige a ajuda por parte do pesquisador/formador, para que ocorram transformações na interpretação e aplicação dos diferentes princípios didáticos que permitem avanço processual em direção a uma nova prática. (BALLENILLA, 1999). Segundo Garcia e Porlán (1997),

> Esta transição supõe partir de perspectivas mais simplificadoras, reducionistas, estáticas e acríticas, que corresponderiam aos modelos didáticos mais tradicionais, para outras mais coerentes com modelos alternativos de caráter construtivista e investigativo, passando por níveis intermediários que superam o modelo tradicional, de caráter tecnológico ou espontaneísta. (p. 24)

De acordo com os sujeitos, a proposta do ensino por investigação, foi entendida como mais adequada, o que é igualmente defendido por Garcia e Porlán, e exige do professor além do domínio do conteúdo, um controle da argumentação para com os alunos. Isto foi percebido pelos sujeitos da pesquisa, pois segundo eles, esta é uma abordagem mais efetiva em relação à aprendizagem, pois causa no aluno “uma quebra de raciocínio lógico provindo muitas vezes do conhecimento do senso comum para utilização de conhecimento cientifico” (P2) e promove uma “análise mais aprofundada do objeto de estudo” (P2), contribuindo assim para um aprendizado mais contextualizado e coerente. Nas palavras de P1 e P2,

> *P1: O professor nesta metodologia tende a ser apenas um orientador, deixando os alunos instigados para descobrir o resultado final. Neste ponto a aprendizagem dos alunos é melhor por que eles compreendem melhor e mais significativamente.*
> *P2: (...) os alunos têm a capacidade de juntar todo seu histórico de aprendizado para construir um novo, os alunos ficam mais participativos e também evoluem e aprendem mais do que na metodologia tradicional.*

Segundo Carlos Marcelo Garcia (1998), a mudança na prática pedagógica do professor está atrelada ao que a pesquisa tem denominado de "mudança pessoal". Assim é necessário que os professores percebam a importância destas mudanças no resultado de sua atuação. Em suas palavras:

> Os diversos pesquisadores parecem coincidir quanto a que os processos de mudança devem atender necessariamente ao que temos chamado de dimensão pessoal da mudança (Marcelo, 1994b), ou seja, a atenção ao impacto que a proposta de inovação tem, ou pode ter, sobre as crenças e os valores dos professores. Não obstante, será preciso que se espere mudar as crenças dos professores para posteriormente decidir-se a incorporar a inovação proposta em seu repertório docente? A esse respeito, Guskey (1986) oferece-nos sua proposta de modelo de mudança do professor, que parte do princípio de que as crenças e atitudes dos professores só se modificam na medida em que os docentes percebam resultados positivos na aprendizagem dos alunos.

Já para Ballenilla (1999), neste momento o professor enxerga seu modelo pessoal de ensino criticamente, e reconhece os princípios didáticos, principalmente os relacionados com a proposta de investigação, para reconstruir este modelo. Porém se não forem fornecidos auxílios a estes professores, a partir deste momento, eles podem sofrer em sua autoestima por julgarem que não são capazes de ensinar corretamente. Em suas palavras:

> Uma vez que o modelo didático pessoal é visto criticamente, em sua totalidade ou em parte, devem-se proporcionar recursos para que se possa modifica-lo nos aspectos de interesse do sujeito. Esta ajuda é fundamental e tem que ser adequada porque, como se mostrou antes, se um professor depois de haver colocado em questão seu modelo didático não encontrar alternativas para modificar o mesmo, sofre em sua autoestima e pode se instalar uma visão imobilista e pessimista

> do ensino que atrapalhará seu desenvolvimento profissional (BALLENILLA 1999, P. 64).

Assim, percebe-se que, após duas aplicações das atividades elaboradas e após a reflexão sobre estas aplicações os sujeitos atingiram um importante estágio para a formulação de um novo modelo didático pessoal. Cabe ao pesquisador/formador, neste momento, partir de uma orientação mais aprofundada sobre os princípios didáticos mais importantes que formam um modelo didático de referência. Porém, para que se possa fornecer este tipo de auxílio, que deveria ser fornecido durante toda a formação destes professores, são necessários tempo e recursos que se encontram muito além da pequena intervenção proposta nesta pesquisa.

6.5 Análise das manifestações durante a terceira aplicação da atividade.

Conforme mencionado anteriormente, após as duas primeiras aplicações e seus subsequentes estudos em meio a este grupo de sujeitos, o pesquisador se retira das próximas aplicações, e seu lugar é ocupado por dois novos sujeitos P4 e P5, que não tiveram contato nenhum com a elaboração e aplicações anteriores do material. Percebe-se então que, principalmente o sujeito P1, busca seguir os *princípios didáticos relacionados à proposta de investigação*. As descrições fenomenológicas são apresentadas a seguir incluindo as participações destes sujeitos.

Quadro 9: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a terceira aplicação da atividade.

Unidades de Significado:	**Princípios didáticos envolvidos**	**Manifestações dos sujeitos de pesquisa**
Orientação sem indução de resposta	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: (...) Aí depois que você fizerem isso o que vocês vão fazer? Vão observar o que aconteceu e vai anotar pra mim tudo o que vocês observaram do experimento. Aí a gente vai conversar.
Adiantamento das respostas aos alunos.	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: O que vocês estão fazendo? Uma queima. Não é? Então é uma reação de combustão. Aí vocês falaram que acabou o oxigênio e acabou o fogo. Então é (...) O que está queimando na vela? Alunos: O que está queimando? P1: É. Ó se eu tenho uma reação de combustão, eu preciso do que? Alunos: De um gás? P1: De um combustível. Não é? De combustível mais o oxigênio. Certo? Isso são meus reagentes. Se é uma reação, toda reação é uma? (...) É uma transformação,

		não é? Então eu tenho algo e vou transformar em outro. Então o que vocês observaram, houve a queima da vela aí (...) Se é uma reação ela está acontecendo alguma coisa (...) Alunos: Gás Carbônico. P1: Só o gás carbônico? O que vocês viram que tinha ali no copo? Quando vocês puseram o copo com a água, vocês falaram que tinha um vaporzinho lá que era por causa da água, não é? Aí vocês fizeram sem a água e tinha o que lá? P1: Ó vamos pensar um pouquinho. Pra primeira pergunta vocês falaram pra mim que o oxigênio acabou e a vela apagou, e a segunda questão, vocês vão falar o que pra mim agora? Vocês acham que não deu pra chegar numa ideia ainda? Alunos: Por enquanto ainda não! P1: Olha vamos fazer outro experimento? Vocês sabem (...) Vocês já pararam para observar (...) Vocês sabem o quanto tem de oxigênio no ar atmosférico?
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P4: Quantos por cento? P3: O que vocês acham, a opinião de vocês! Alunos: 90% P1: É tudo isso? P1: A gente vai fazer um experimento que dá pra gente observar isso daí, tá. Mas aí vai ser um valor aproximado, tá?

	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: Aí quando estava queimando a vela (...) produz CO_2. E aí o que vocês podem me responder por que, que a vela apaga? Acabou o oxigênio de dentro do copo? Alunos: Porque a quantidade de gás carbônico era maior do que a de oxigênio. P1: Então o CO_2 vai sendo produzido e vai ficando em volta da vela, vai abafando não deixa o oxigênio chegar (...) E apaga a vela.
Utilização de experiências anteriores	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: Quer fazer sem a água?
Proposições de questões sequenciais sem dar respostas	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: (apontando para outro grupo): E vocês aqui? Alunos: A vela apaga porque não tem mais oxigênio no copo. Aí depois como vai queimar o oxigênio, o copo vai ficar vazio uma parte e a água sobe. P1: A primeira pergunta, todo mundo chegou na mesma ideia. É que o oxigênio acabou dentro do copo. A segunda questão um grupo falou uma coisa e o outro falou outra coisa. Então cinco minutinho para vocês repensarem a questão e dar uma ideia geral.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: O que está entrando e o que está saindo? Alunos: Ar com oxigênio e ar com gás carbônico. P1: Agora se eu perguntar pra vocês assim: Tá pegando fogo num local, o que vocês usam pra apagar o fogo? Alunos: Um extintor. P1: Qual é o componente do extintor: Alunos: CO_2

		P1: O que o extintor faz? Alunos: Ele impede que o oxigênio chegue ao fogo.
Carência de recursos e informações epistemológicas	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P1: Pessoal esses estudiosos não tinham a concepção que a gente tem hoje. Toda a matéria era explicada por quatro elementos, terra, ar, fogo e água. Tudo era composto por aquilo lá (...) Só que foi acontecendo uma revolução, eles começaram a se questionar. Como que tudo acontece só com isso? Não pode ser! Aí então surgiu novas pessoas estudando o mesmo experimento que vocês realizaram (...).
Síntese das ideias	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: Então toda vez que perguntarem por que a vela apagou, o que vocês vão dizer? Alunos: Por que o CO_2 vai proteger a chama e não vai deixar o oxigênio entrar. P1: E a água? O que vocês observaram quando vocês puxaram o copo? Alunos: Poc! Vácuo! P1: Como a gente pode chamar o vácuo? Alunos: de ar não preenchido. P1: Por que acontece vácuo ali dentro do copo? O ar quente ocupa menos espaço ou mais espaço que o ar frio? Alunos: Mais espaço. Tem menos pressão dentro do copo do que fora. P1: Por que tem menos pressão fora do que dentro? Alunos: Por causa da pressão. O ar vai voltar a ficar pequeno de novo, aí forma vácuo e puxa a água pra dentro. P1: É isso mesmo!

Nesta aplicação da atividade, novamente, P1 assume a liderança do grupo e conduz a maioria das orientações gerais aos alunos, enquanto os

demais sujeitos apenas auxiliam os grupos de alunos individualmente. Nota-se que P1 percebe a importância da expressão das opiniões dos alunos e também da produção de material escrito, em concordância com os *princípios didáticos relacionados à investigação*. Para Cañal (2000), os professores devem levar em consideração as hipóteses dos alunos e ainda conceder especial importância à elaboração de "memórias científicas" (sobre o trabalho realizado), que possam servir de base para salientar o papel da comunicação e debate na atividade. Isto fica claro em sua manifestação.

> P1: (...) *Aí depois que você fizerem isso o que vocês vão fazer? Vão observar o que aconteceu e vai anotar pra mim tudo o que vocês observaram do experimento. Aí a gente vai conversar.*

Em outro momento, P1 utiliza-se de uma experiência ocorrida com uma turma anterior para propor que os alunos realizem o experimento sem a água, sabendo que este fato colaborará para que os alunos compreendam melhor os fenômenos ocorridos em tal atividade.

> P1: *Quer fazer sem a água?*

Por meio desta manifestação, de P1 pode-se perceber que a prática em sala de aula proporciona aos professores subsídios essenciais para o desenvolvimento profissional. Lembrando-se de experiências com turmas anteriores, P1 propõe ao grupo de alunos que repitam o procedimento experimental de uma forma diferente, no intuito de que desta maneira o grupo de alunos poderia testar suas hipóteses e assim refletir sobre o fenômeno em questão. Este procedimento está em acordo com os *princípios didáticos que regem a investigação e a experimentação* em sala de aula que prevê a utilização de um fenômeno ou experimento, fazendo com que surjam novos questionamentos e novas hipóteses por parte dos alunos, além da obtenção de novos dados que sustentem estas hipóteses.

Nesta outra passagem, P1 tenta promover uma homogeneização de pensamentos na sala, propondo um tempo determinado "cinco minutinhos" para que os alunos repensem tudo o que tinham produzido até então e para que todos cheguem a uma possível conclusão consensual, ao invés de iniciar um debate entre os grupos.

> P1: (apontando para outro grupo): *E vocês aqui?*

> *Alunos: A vela apaga porque não tem mais oxigênio no copo. Aí depois como vai queimar o oxigênio, o copo vai ficar vazio uma parte e a água sobe.*
>
> *P1: A primeira pergunta, todo mundo chegou na mesma ideia. É que o oxigênio acabou dentro do copo. A segunda questão um grupo falou uma coisa e o outro falou outra coisa. Então 5 minutinhos para vocês repensarem a questão e dar uma ideia geral.*

Desta maneira, P1 conteve a reflexão dos fenômenos analisados pelos alunos em um espaço temporal. Negando a eles a oportunidade de discutirem e se comunicarem de maneira mais profunda sobre suas opiniões. Segundo Cañal (1997), o momento de discussão sobre as hipóteses dos alunos é muito importante e não deve ser interrompido até que eles entrem em acordo sobre suas hipóteses ou que proponham métodos para a avaliação das mesmas, ou seja, segundo os princípios didáticos referentes à investigação, os alunos devem se comunicar, expressar suas opiniões e defender seus pontos de vista.

A partir deste momento, sem a devida discussão entre os grupos, se torna difícil chegar ao ponto almejado pelos sujeitos, os alunos ficam confusos com as informações passadas pelos sujeitos e suas próprias conclusões. A partir daí, P1 percebe que os mecanismos didáticos não funcionam e recorre novamente à transmissão passiva de informações, ou seja, ao modelo didático transmissivo tradicional.

> *P1: O que vocês estão fazendo? Uma queima. Não é? Então é uma reação de combustão. Aí vocês falaram que acabou o oxigênio e acabou o fogo. Então é (...) O que está queimando na vela?*
>
> *Alunos: O que está queimando?*
>
> *P1: É. Ó se eu tenho uma reação de combustão, eu preciso do que?*
>
> *Alunos: De um gás?*
>
> *P1: De um combustível. Não é? De combustível mais o oxigênio. Certo? Isso são meus reagentes. Se é uma reação, toda reação é uma? (...) É uma transformação, não é? Então eu tenho algo e vou transformar em outro. Então o que vocês observaram, houve*

a queima da vela aí (...) Se é uma reação ela está acontecendo alguma coisa (...)

Alunos: Gás Carbônico.

P1: Só o gás carbônico? O que vocês viram que tinha ali no copo? Quando vocês puseram o copo com a água, vocês falaram que tinha um vaporzinho lá que era por causa da água, não é? Aí vocês fizeram sem a água e tinha o que lá?

P1: Ó vamos pensar um pouquinho. Pra primeira pergunta vocês falaram pra mim que o oxigênio acabou e a vela apagou, e a segunda questão, vocês vão falar o que pra mim agora? Vocês acham que não deu pra chegar numa ideia ainda?

Alunos: Por enquanto ainda não!

P1 tenta questionar os alunos, que ainda não amadureceram suas hipóteses suficientemente para se engajarem na busca por uma conclusão esperada pelos sujeitos. Mais uma vez, P1 demonstra a necessidade de auxílio de elementos advindos dos *princípios didáticos ligados à investigação*, ainda não completamente dominados em sua estrutura de conhecimentos, para que consiga perceber quando questionar os alunos sobre suas conclusões e também para refletir sobre o processo de reflexão em grupo das hipóteses geradas em sala de aula. O retorno deste sujeito ao modelo de ensino tradicional, ou seja, fazendo questões aos alunos e ao mesmo tempo as respondendo, marcado pela passagem "*Se é uma reação, toda reação é uma? (...) É uma transformação, não é?*". Esta manifestação é corroborada pela esquematização proposta por Ballenilla (1999), indicando que quando o professor percebe que as modificações do novo modelo didático não funcionam imediatamente ele recorre ao seu antigo modelo didático, onde encontra segurança.

Mesmo recorrendo ao modelo transmissivo, P1 não consegue um bom entendimento dos alunos e então passa para outra fase da proposta, deixando de lado aquelas discussões.

P1: Olha vamos fazer outro experimento? Vocês sabem (...) Vocês já pararam para observar (...) Vocês sabem o quanto tem de oxigênio no ar atmosférico?

O sujeito P1 adianta certos aspectos da atividade experimental, deixando de lado os princípios didáticos referentes à experimentação investigativa, onde os alunos devem interpretar os resultados para que eles possam tirar as próprias conclusões sobre o experimento.

> *P4: Quantos por cento?*
> *P3: O que vocês acham, a opinião de vocês!*
> *Alunos: 90%*
> *P1: É tudo isso?*
> *P1: A gente vai fazer um experimento que dá pra gente observar isso daí, tá. Mas aí vai ser um valor aproximado, tá?*

Ao mencionar logo antes da realização do experimento que chegariam a um valor aproximado, o sujeito poupa os alunos de uma série de discussões sobre o tema, "atropelando" os *princípios didáticos derivados da epistemologia da ciência.* O experimento foi planejado para surpreender os alunos com a diferença de seus resultados experimentais e assim questiona-los e leva-los a refletir sobre as características do método científico e de como é produzida a ciência.

Em outro momento, o sujeito P1 utiliza *princípios didáticos derivados da investigação*, ao tratar de situações cotidianas, de conhecimento dos alunos, para explicar os fenômenos em estudo. Segundo Gil Pérez e Valdés Castro (1996), esta transferência de conhecimentos é um importante mecanismo de orientação para os professores que pretendem trabalhar dentro da proposta de ensino por investigação.

> *P1: O que está entrando e o que está saindo?*
> *Alunos: Ar com oxigênio e ar com gás carbônico.*
> *P1: Agora se eu perguntar pra vocês assim: Tá pegando fogo num local, o que vocês usam pra apagar o fogo?*
> *Alunos: Um extintor.*
> *P1: Qual é o componente do extintor:*
> *Alunos: CO_2*
> *P1: O que o extintor faz?*
> *Alunos: Ele impede que o oxigênio chegue ao fogo.*

Por meio desta discussão, pode-se notar que P1 já demonstra a compreensão, mesmo sem a ajuda do pesquisador/formador, de aspectos importantes dos princípios didáticos de um modelo didático de referência.

Porém, apesar de compreender alguns aspectos dos princípios didáticos referentes ao ensino por investigação, P1 parece que não consegue aplicar, ainda, certos aspectos referentes aos princípios didáticos ligados à contextualização epistemológica. Isto fica evidente através da passagem abaixo.

> *P1: Pessoal esses estudiosos não tinham a concepção que a gente tem hoje. Toda a matéria era explicada por 4 elementos, terra, ar, fogo e água. Tudo era composto por aquilo lá (...) Só que foi acontecendo uma revolução, eles começaram a se questionar. Como que tudo acontece só com isso? Não pode ser! Aí então surgiu novas pessoas estudando o mesmo experimento que vocês realizaram (...).*

Para possibilitar uma utilização da História e Filosofia da Ciência de maneira mais eficaz em sala de aula nos parece ser necessário mais que apenas uma disciplina inserida no processo de formação destes sujeitos, a inserção cotidiana da epistemologia da ciência associada diretamente aos conteúdos específicos da área. Esta, entretanto, é uma questão complexa, que necessita maiores investimentos de pesquisa.

Novamente percebe-se que o modelo didático pessoal utilizado pelo sujeito P1 assume em determinados momentos os *princípios didáticos relacionados ao ensino por investigação*. Isto se torna evidente na passagem abaixo, quando o sujeito propõe uma síntese de ideias.

> *P1: Então toda vez que perguntarem por que a vela apagou, o que vocês vão dizer?*
> *Alunos: Por que o CO_2 vai proteger a chama e não vai deixar o oxigênio entrar.*
> *P1: E a água? O que vocês observaram quando vocês puxaram o copo?*
> *Alunos: Poc! Vácuo!*
> *P1: Como a gente pode chamar o vácuo?*
> *Alunos: de ar não preenchido.*
> *P1: Por que acontece vácuo ali dentro do copo? O ar quente ocupa menos espaço ou mais espaço que o ar frio?*
> *Alunos: Mais espaço. Tem menos pressão dentro do copo do que fora.*
> *P1: Por que tem menos pressão fora do que dentro?*
> *Alunos: Por causa da pressão. O ar vai voltar a ficar pequeno de novo, aí forma vácuo e puxa a água pra dentro.*

P1: É isso mesmo!

Para Cañal (1997) esta síntese derivada das hipóteses sobre os fenômenos estudados durante a atividade é muito importante para a organização do conhecimento por parte dos alunos e também atua como facilitador da comunicação das teorias estudadas durante as atividades. Também funciona como um importante mecanismo de avaliação dos conceitos estudados. Este tipo de mecanismo se encontra presente em propostas investigativas de outros autores como Del Carmen (1988), Olvera (1992) e Gil (1993), conforme podemos verificar no Quadro 1, no primeiro capítulo deste trabalho, que apresenta os principais pressupostos do ensino por investigação para diversos autores.

Percebe-se, nesta aplicação da proposta, que o sujeito P1 adotou uma série de *princípios didáticos referentes ao ensino por investigação* em seu modelo pessoal de ensino. Isto já demonstra uma mudança de postura com relação ao modelo de ensino tradicional. Porém, apesar de P1 apresentar esta situação de possível mudança em seu modelo didático pessoal, não podemos enxergar o mesmo nos outros sujeitos de pesquisa, pois estes mal se manifestaram perante a classe durante esta aplicação.

6.6 Análise das manifestações durante a quarta aplicação da atividade.

Nesta seção analisar-se-á a aplicação final da proposta desenvolvida pelos sujeitos. Inicialmente apresenta-se um quadro com uma análise

ideográfica das expressões mais significativas, e em seguida uma análise mais profunda destas expressões.

Quadro 10: Manifestações dos sujeitos de pesquisa durante a quarta aplicação da atividade.

Unidade de Significado	Princípios didáticos envolvidos	Manifestações dos sujeitos de pesquisa
Dificuldade em elaborar questões que levem os alunos a pensar sobre suas respostas	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	Alunos: A vela apaga por falta de oxigênio dentro do copo. P2: Mas aí seria a presença do oxigênio, a falta do oxigênio? Alunos: Tem a presença dele, mas quando coloca o copo vai ficando sem o ar dentro do copo, porque não entra mais e isso vai fazendo a chama apagar.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2: E por que a água sobe? Alunos: Por causa da temperatura, o aumento da pressão a água sobe? P2: Então explica isso pra mim. O que acontece com a pressão? Aumenta a pressão? Alunos: Diminui a temperatura e aumenta a pressão. P2: Tá, então aumenta a temperatura e diminui a pressão (...) Mais alguma questão que vocês queiram colocar, ou não? Alunos: O ar diminui e a pressão aumenta. P2: Aumenta o que a pressão, a temperatura? Alunos: Diminui a temperatura e aumenta a pressão. P2: Hum, diminui a temperatura e aumenta a pressão.

Tentativa de indução de resposta	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	Alunos: Vou ler aqui o que ela escreveu: Tipo é quase a mesma coisa das ideias deles. Eu acho que queima o oxigênio da água e o fogo precisa de oxigênio, daí pressionou e a água foi subindo. P2: Então você acha que a água subiu por que tirou o oxigênio? E por que a vela apagou então? Alunos: Por falta de oxigênio, por que tampou. P2: Por falta de oxigênio, pegou o oxigênio da água e a água subiu. Alunos: Isso.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2: O outro grupo. Vocês, o que acham? (apontando para outro grupo de alunos). Alunos: Quando cobre ali, forma uma pressão ali dentro e essa pressão fez a água subir. Alunos: Pela pressão e a falta de oxigênio pra queimar a vela as moléculas de oxigênio da água queimou junto... sustentou o fogo da vela. Foi que apagou e subiu a água. P1: Então você está falando que é o oxigênio dissolvido na água, ou é o oxigênio dá água? P2: Não, ele quis dizer que no interior do copo todo o oxigênio foi consumido e ainda o oxigênio que estava dentro da água. Por isso que a água também subiu.

Solução pronta aos alunos	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1: Vou fazer uma pergunta agora pra vocês. O ar quente e o ar frio, qual é o mais leve? Pensa num balão. Tem um balão subindo. De repente deu um problema no motor que esquenta o balão, o que vai acontecer? Alunos: vai esfriar e vai cair. P1: Então, quando o ar tá quente, as moléculas lá dentro tá acontecendo o que? Elas estão bem agitadas, tudo bem? Então quando acabou o fornecimento de calor, o que acontece? O meu balão vai cair. Vai murchando e vai perdendo altura. P1: Quando então eu diminuo a temperatura, aumenta ou diminui a pressão? Alunos: Diminui!
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	Alunos: Colocar uma vela maior, porque daí ela vai liberar o gás carbônico e vai ficar lá embaixo e vai dar tempo do oxigênio entrar. P3: Vocês concordam com a ideia deles? Alunos: Se tiver oxigênio mais rápido dá tempo de entrar e o fogo não apagar, substituindo o gás carbônico. P3: Então vocês me sugerem que eu tente colocar oxigênio lá dentro fazendo uma corrente de ar. Então ele tá supondo que a gente deve colocar uma corrente de ar lá dentro pra manter a vela acesa. Alunos: Eu acho que não tem como, porque até o oxigênio chegar o gás carbônico já bloqueou e ela apaga. P3: O grupo ali do fundo teve uma ideia legal, eles falaram em separar o ar. Se eu colocar essa haste, será que a vela apaga? (realiza o experimento novamente com uma haste de metal dentro do tubo). Eu vou colocar um incenso e vocês vão

		observar a fumaça.
Corte no fluxo de pensamento dos alunos	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	Alunos: A entrada é muito pequena então não dá tempo de chegar na vela. Alunos: O gás carbônico apaga o fogo e como queima a vela ele sobe e ocupa o espaço do tubo e não permite que o oxigênio entre. P1: Por enquanto não é pra vocês ficarem discutindo, escreve no papel a ideia de vocês.
Carência de recursos e informações epistemológicas	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P3: Vocês Lembram da primeira concepção de vocês que a gente perguntou por que o fogo apaga? Vocês me falaram o que? Que o oxigênio tinha acabado, e a água tinha ocupado o lugar do oxigênio. Is*so no séc. II* antes de Cristo. O mesmo pensamento de vocês. Agora existe um outro chamado Priestley ele era do ano de 1775, nesta época acreditava-se que o ar não era feito de oxigênio hidrogênio e gás carbônico o ar era uma coisa só. E que só existiam os quatro elementos, fogo terra, água e ar. E que tudo que a gente conhece era formado por esses quatro elementos. Por exemplo, para eu ter a lama eu tinha que misturar terra e água.
	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P3: Eles não entendiam que o oxigênio bom que fazia a chama acender era oxigênio eles simplesmente chamava o ar de flogístico e o ar que apagava a chama de deflogístico. Hoje vocês sabem que o ar que acende a chama é o oxigênio e o ar que apaga é o gás carbônico.
	Princípios didáticos derivados da epistemologia	P3: O que ele tá dizendo com relação ao volume. Lembra o que você me disseram quando a água sobe? Nessa época ele não entendia essa ideia de pressão. Então o que ele sabia, ele sabia que a água ocupava a pressão lá dentro que tava o que? Ela tava diminuindo, menor do que a de fora, era esse o pensamento que Lavoisier tinha na época de 1776. E é

		esse daqui que é o ar que ele fala com relação pra apagar a vela, que diminui seu volume da chama por causa do gás envolvente que era o Co2 que a gente acabou de comprovar, que era o fogístico e o deflogístico. Olha o ano 1776, desde agora a concepção dela ainda não mudou, todo mundo acha que a vela apaga por que o oxigênio apaga. Mas ela apaga por que o gás carbônico faz o isolamento lá na vela. E a água entra por causa da pressão que diminui de dentro que é maior do que a de fora por causa das moléculas lá dentro. Entenderam a ideia?

Durante esta ultima aplicação da proposta nota-se uma maior participação de todo o grupo, inclusive do sujeito P2 que nas anteriores raramente se manifestou.

Pode-se verificar que o sujeito P2 tenta utilizar algumas questões para estimular a comunicação das ideias dos alunos.

> *P2 - " E por que a água sobe?"*
> *Alunos – "Por causa da temperatura, o aumento da pressão a água sobe?"*
> *P2 – "Então explica isso pra mim. O que acontece com a pressão? Aumenta a pressão?"*
> *Alunos – " Diminui a temperatura e aumenta a pressão".*
> *P2 – "Tá, então aumenta a temperatura e diminui a pressão (...) Mais alguma questão que vocês queiram colocar, ou não?"*
> *Alunos –" O ar diminui e a pressão aumenta".*
> *P2 - "Aumenta o que a pressão, a temperatura?"*
> *Alunos - "Diminui a temperatura e aumenta a pressão".*
> *P2 – "Hum, diminui a temperatura e aumenta a pressão".*

Também em outra passagem:

> *Alunos – "A vela apaga por falta de oxigênio dentro do copo".*
> *P2 - "Mas aí seria a presença do oxigênio, a falta do oxigênio?"*
> *Alunos - "Tem a presença dele, mas quando coloca o copo vai ficando sem o ar dentro do copo, porque não entra mais e isso vai fazendo a chama apagar".*

Constata-se, nesta passagem, que o sujeito não fornece as respostas das questões aos alunos, mas também não consegue elaborar outras questões para estimular a discussão das hipóteses iniciais dos alunos. Isto pode indicar que este sujeito não domina muito bem os *princípios didáticos relacionados ao ensino por investigação*. Parece então que falta ao sujeito segurança em relação aos princípios didáticos que envolvem a construção de um novo modelo pessoal de ensino, ou seja, parece que este sujeito carece ainda de auxílio para que possa desenvolver seu modelo didático pessoal.

Porém, todos os sujeitos da pesquisa tiveram acesso ao mesmo auxílio, ao mesmo tempo, pois todo auxílio teórico-prático, fornecido pelo formador/pesquisador e pela disciplina onde as atividades foram desenvolvidas, foi lhes fornecido durante as aulas e durante as reuniões em grupo. Assim, pode-se especular que este sujeito tenta trabalhar com a proposta de investigação por força de uma necessidade de cumprir as exigências da disciplina ou para impressionar o pesquisador, pois parece não ter ainda não percebido criticamente seu modelo didático pessoal. Talvez, para que este sujeito possa ter uma perspectiva crítica de seu modelo didático, seja necessário outro tipo de acompanhamento ou ainda maior tempo de reflexão. Outra possível hipótese é a de que atividades de formação, que exponha os sujeitos a outras situações de ensino desafiadoras e com diferentes níveis de reflexão possam produzir melhores resultados. Questiona-se ainda a possibilidade de que uma formação onde se integrem os princípios didáticos aqui discutidos aos conhecimentos específicos da área, introduzindo modificações no processo formativo como um todo.

Ao perceber que seu método de questionamento não ajudaria os alunos a argumentarem sobre suas hipóteses, o sujeito P2 então, conforme previsto por Ballenilla (1999), retorna ao modelo de ensino tradicional e passa a fornecer respostas prontas aos alunos.

> *Alunos - “Vou ler aqui o que ela escreveu: Tipo é quase a mesma coisa das ideias deles. Eu acho que queima o oxigênio da água e o fogo precisa de oxigênio, daí pressionou e a água foi subindo”.*
> *P2 - “Então você acha que a água subiu por que tirou o oxigênio? E por que a vela apagou então?”*

Alunos - "Por falta de oxigênio, por que tampou".
P2 - "Por falta de oxigênio, pegou o oxigênio da água e a água subiu".

Também em outra passagem o sujeito P2 tenta induzir os alunos a chegarem à resposta desejada.

P2 – "O outro grupo. Vocês, o que acham?" (apontando para outro grupo de alunos).
Alunos: "Quando cobre ali, forma uma pressão ali dentro e essa pressão fez a água subir".
Alunos - "Pela pressão e a falta de oxigênio pra queimar a vela as moléculas de oxigênio da água queimou junto... sustentou o fogo da vela. Foi que apagou e subiu a água".
P1 - " Então você está falando que é o oxigênio dissolvido na água, ou é o oxigênio dá água?"
P2 - "Não, ele quis dizer que no interior do copo todo o oxigênio foi consumido e ainda o oxigênio que estava dentro da água. Por isso que a água também subiu".

A partir desta tentativa de indução, pode-se perceber que realmente o sujeito P2 trabalha a proposta de investigação de uma maneira imposta. E ainda não tem domínio sobre os princípios didáticos que regem este tipo de trabalho. P2 apresenta, nesta ultima aplicação da proposta assume a mesma postura que P1 apresentava durante a primeira aplicação, ou seja, apresenta uma concepção inicial sobre o trabalho com estes princípios didáticos. Este tipo de tentativa de indução de respostas prejudica o desenvolvimento das hipóteses dos alunos.

Percebendo que o andamento das atividades estava confuso para os alunos, P1 toma novamente a liderança da sala e tenta retomar o caminho das investigações.

P1: Vou fazer uma pergunta agora pra vocês. O ar quente e o ar frio, qual é o mais leve? Pensa num balão. Tem um balão subindo. De repente deu um problema no motor que esquenta o balão, o que vai acontecer?
Alunos: vai esfriar e vai cair.
P1: Então, quando o ar tá quente, as moléculas lá dentro tá acontecendo o que? Elas estão bem agitadas, tudo bem? Então

> *quando acabou o fornecimento de calor, o que acontece? O meu balão vai cair. Vai murchando e vai perdendo altura.*
> *P1: Quando então eu diminuo a temperatura, aumenta ou diminui a pressão?*
> *Alunos: Diminui!*

P1 utilizou uma situação hipotética, um experimento imaginário de conhecimento prévio dos alunos para estimular a reconstrução de suas hipóteses originais, conforme indicado por Cañal (1997) e abordado durante a descrição dos pressupostos para o ensino por meio da investigação no Capítulo 1 deste trabalho. A partir desta intervenção de P1, pode-se especular que este sujeito apresenta agora um maior domínio sobre os princípios didáticos do ensino por investigação em seu modelo de ensino pessoal, pois quando ele se deparou com uma situação confusa diante dos alunos, passa a utilizar estes princípios para tentar melhorar as discussões.

Constata-se a partir da analise ideográfica do Quadro 10, que por diversos momentos P3 tenta utilizar alguns fatos históricos. Entretanto, percebe-e que os princípios didáticos derivados da epistemologia da ciência ainda não estão desenvolvidos em seu ideário e consequentemente em seu modelo didático. Isto fica evidente em todas as falas do sujeito durante a aplicação. Como exemplo, tomou-se a seguinte passagem:

> *P3: " Vocês Lembram da primeira concepção de vocês que a gente perguntou por que o fogo apaga? Vocês me falaram o que? Que o oxigênio tinha acabado, e a água tinha ocupado o lugar do oxigênio. Isso no séc. II antes de Cristo. O mesmo pensamento de vocês. Agora existe um outro chamado Priestley ele era do ano de 1775, nesta época acreditava-se que o ar não era feito de oxigênio hidrogênio e gás carbônico o ar era uma coisa só. E que só existiam os quatro elementos, fogo terra, água e ar. E que tudo que a gente conhece era formado por esses quatro elementos. Por exemplo, para eu ter a lama eu tinha que misturar terra e água".*

Isto remete, mais uma vez, à necessidades de oferecer subsídios teóricos e práticos durante o processo formativo. P3 nitidamente ainda não domina os *princípios didáticos relacionados à epistemologia da ciência* e acaba transmitindo aos alunos uma perspectiva simplória dos fatos históricos e de como a ciência foi construída.

Esta falta de entendimento dos fatos históricos e das características epistemológicas da ciência fica ainda mais aparente na expressão abaixo:

> *P3: O que ele tá dizendo com relação ao volume. Lembra o que você me disseram quando a água sobe? Nessa época ele não entendia essa ideia de pressão. Então o que ele sabia, ele sabia que a água ocupava a pressão lá dentro que tava o que? Ela tava diminuindo, menor do que a de fora, era esse o pensamento(...)"*

Ao transmitir que Lavoisier "não tinha ideia de pressão", fica claro que este sujeito não conhece *de fato* os acontecimentos históricos, pois o conceito de pressão é familiar à comunidade cientifica pelo menos desde 1643 a partir dos experimentos de Torricelli, conforme podemos constatar no trecho abaixo:

> "Esses conhecimentos de Hidrostática, seus enunciados e princípios remetem-se a Arquimedes. Através de escritos anteriores, datados do século XVI, e em particular aos de Simon Stevin (1548 – 1620), Torricelli, e muitos outros contemporâneos seus, puderam familiarizar-se com conceitos como o de "pressão" (que é força por unidade de área em uma superfície), e o de "equilíbrio" (LONGUINI, NARDI, 2000, p. 70)

Segundo Matthews (1994), a contextualização histórica de conceitos feita de maneira errada pode causar mais problemas para os alunos do que se ela não tivesse sido feita, pois os alunos adquirem uma perspectiva inadequada do trabalho científico e constroem uma concepção errada dos mecanismos de construção da ciência e isto é exatamente o oposto dos objetivos da utilização dos princípios didáticos relacionados à epistemologia da ciência.

Segundo Ballenilla (1999),o professor, ao se deparar com este tipo de situação, ou seja, falta de domínio dos princípios didáticos envolvidos na aula, pode apresentar duas posturas diferentes, ou ele sofre em sua autoestima, por perceber que não consegue acompanhar um modelo didático de referência, estabelecendo assim uma visão pessimista do ensino, ou ele pode abandonar a construção de seu modelo didático pessoal e voltar a adotar o modelo didático tradicional, onde não se leva em consideração tais princípios.

Percebe-se então a necessidade de um trabalho constante por parte do formador em relação à avaliação da prática destes professores no intuito de localizar estas deficiências e ao auxílio, para que eles superem essas deficiências..

6.7 Análise das manifestações durante a entrevista gravada em áudio.

Aqui, nesta seção, apresenta-se um quadro de análise ideográfica de uma entrevista com questões semiestruturadas realizada com os sujeitos após todo o trabalho dos mesmos em sala de aula.

Quadro 11: Manifestações dos sujeitos da pesquisa durante a entrevista gravada em áudio.

Unidade de significado	Princípios didáticos envolvidos	Manifestações dos sujeitos de pesquisa
Visão crítica do modelo de ensino tradicional	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 – “Eu tinha uma ideia de sequencia. E não relacionava muito sequencia. Por exemplo, se fosse pegar uma aula, eu não tinha noção, por exemplo, de como montar o experimento, se era antes ou após, por exemplo, usar o experimento como situação problema, ou para de repente fixar como uma avaliação no final então eu não tinha esse discernimento eu não tinha uma ideia de como estruturar... é... a minha aula”.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 – “(...) o professor sempre falando deixando pouco espaço para o aluno participar. Então eu acho isso também influenciou muito na minha maneira no início, de atuar como professora também”.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 – “muito importante para o desenvolvimento do aluno não só em questão de conteúdo, mas no desenvolvimento pessoal, em questão de desenvoltura por ter práticas além do ambiente escolar”.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 – “Era uma forma mais organizada do professor de repente conduzir a sala... coisa que talvez hoje fica mais difícil.”
	Princípios didáticos referentes ao ensino por	P1 – “Mas agora em questão de conhecimento sinceramente hoje, com tudo que eu aprendi, eu não acho aquele modelo ideal, então eu não

	investigação	aplicaria mais (...)”
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 – “Eu fico totalmente insatisfeita. Tanto é que quando eu assisto aulas (...) eu fico com vontade de falar: Não tem que ser assim!”
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 –” (...)ensino fundamental e médio foi todo em escola particular. Tinha aula teórica, tinha aula de laboratório. O material apostilado era excelente(...)”
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 – “É aquela coisa... você fica condicionado a só decorar com o objetivo de passar no vestibular aí o pensar mesmo, usar todo o conhecimento adquirido fica na faculdade quando você tem que se virar sozinho né”.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 – “(...)pretendo mudar, e o objetivo mesmo é o aprendizado e a consequência do aprendizado vai sem o ingresso do aluno na faculdade”.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P3 – “Além de ter essa parte teórica, que é óbvio que todo profissional tem que ter ele tem que estar estruturado numa sequencia, numa sequencia didática(...)”.
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P3 – “(...) porque eu acho que passar o conteúdo por passar, pro aluno eu acho que não funcionaria. Então isso a gente pega com o tempo eu acho que é questão de experiência(...).”
Decisão de introduzir modificações	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P1 – “(...) minhas aulas são totalmente diferentes do que eram quando os meus professores ministraram para mim. É lógico que está começando ainda, você sente muita dificuldade. Mas com certeza eu vou acatar muitas coisas que eu aprendi aqui”.
	Princípios didáticos	P3 – “Talvez eu não voltaria o que era anterior, eu colocaria outro experimento. Eu

	referentes ao ensino por investigação	acho que não é proveitoso nem pra mim nem pro aluno ficar voltando pra algo que eu já testei, acho que tem que ser algo diferenciado".
Funcionalidade das modificações introduzidas	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P3 – "(...) em questão de conhecimento, ele adquiriu muito mais com a discussão, foi muito legal, rolou uma discussão entre os grupos, então por exemplo, num grupo tinha uma concepção e num outro grupo, outra, então rolou um papo tipo de eles discutirem entre eles.E a gente como profissional ali observando tudo. Foi muito legal, não só pra eles, mas pra gente mesmo, sabe?"
Possibilidade de mudança?	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 – "(...)eu ainda considero o giz e lousa fundamental. Eu teria mais segurança com giz e lousa na aula normal".
	Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação	P2 – "(...) o jeito que a gente fez foi satisfatório, não vejo a necessidade de fazer nenhuma modificação(...)".

NLHORAR O QUADRO COMO FAÇO A LEITUA DO QUADRO?

Quando se observa a entrevista dos sujeitos, após todas as aplicações da proposta, pode-se verificar alguma diferenciação dos tipos de expressões de cada sujeito com relação ao modelo de ensino pessoal de cada um. Por um lado, podemos perceber que o sujeito P1 enxerga inúmeras críticas em seu modelo de ensino pessoal e no modelo de ensino pelo qual foi formado, uma representação disto, é a fala de P1.

> *P1 – "(...) o professor sempre falando deixando pouco espaço para o aluno participar. Então eu acho isso também influenciou muito na minha maneira no início, de atuar como professora também".*

Segundo Porlán (1989) e Ballenilla (1999), este momento, quando P1 enxerga este modelo pessoal criticamente, é o momento mais oportuno de se fornecer subsídios, ou seja, recursos para tornar explícitas as teorias de prática de ensino, recursos para a atualização teórica, recursos para modificar a

autoimagem do professor, para que este possa começar a reconstruir um novo modelo pessoal de ensino. P1 já se mostra insatisfeito com modelo antigo e tenta buscar maneiras de modifica-lo, estando disposto a ouvir novas orientações.

> *P1 – "Mas agora em questão de conhecimento sinceramente hoje, com tudo que eu aprendi, eu não acho aquele modelo ideal, então eu não aplicaria mais".*

P1 percebe então que existem várias outras metodologias de ensino que podem compor um modelo didático de referencia, ou seja, um modelo atualizado, com princípios didáticos epistemológicos, psicológicos e que levam em consideração a demanda social. Este sujeito se convence de que precisa modificar seu próprio modelo e torna-se aberto à orientação do formador.

> *P1 – "(...) minhas aulas são totalmente diferentes do que eram quando os meus professores ministraram para mim. É lógico que está começando ainda, você sente muita dificuldade. Mas com certeza eu vou acatar muitas coisas que eu aprendi aqui".*

Por outro lado, analisando as manifestações de P2, percebe-se que este sujeito, apesar de ter compartilhado do mesmo grupo e passado pelas mesmas situações que P1, tem opinião de que um material todo organizado e segmentado, como uma apostila de franquia educacional, seria de qualidade excelente, não enxergando nenhuma necessidade de que o professor venha a ter liberdade para ministrar conteúdos de acordo com as necessidades de cada turma. Este tipo de visão, na opinião de Porlán (1989), é uma visão reducionista do ensino, e pode mostrar que o sujeito ainda não enxerga criticamente seu modelo didático pessoal, portanto não sente necessidade de fazer nenhuma alteração no mesmo.

> *P2 –" (…) ensino fundamental e médio foi todo em escola particular. Tinha aula teórica, tinha aula de laboratório. O material apostilado era excelente(...)".*

Novamente pode-se perceber este tipo de perspectiva com relação ao ensino por parte de P2, quando manifesta a opinião de que o único objetivo da formação dos alunos é exclusivamente o ingresso na faculdade.

> *P2 – "(...) pretendo mudar, e o objetivo mesmo é o aprendizado e a consequência do aprendizado vai ser o ingresso do aluno na faculdade".*

Em outro momento, P2 deixa explícito que se sente melhor com um método tradicional de ensino, indicando que isto lhe dá mais segurança. Esta manifestação, de certa forma, já era prevista, pois segundo Ballenilla (1999), se o professor não enxerga criticamente seu modelo pessoal, conforme constatam as análises das expressões deste sujeito, que não enxerga nenhuma necessidade de mudança e opta pelos caminhos que parecem mais confiáveis e aos quais está acostumado.

Esta ausência de conflitos em seu modelo pessoal de ensino pode ser mais aparente que real. Um professor com alguma experiência no modelo didático tradicional pode terminar sem problemas um extenso programa de ensino pré-estabelecido. Assim este professor pode proteger sua autoestima argumentando que os alunos que não conseguem acompanhar o conteúdo, não estão preparados para continuar seus estudos.

> *P2 – "(...) eu ainda considero o giz e lousa fundamental. Eu teria mais segurança com giz e lousa na aula normal".*
> *P2 – "(...) o jeito que a gente fez foi satisfatório, não vejo a necessidade de fazer nenhuma modificação (...)".*

Agora, analisando as colocações de P3, nota-se também que este sujeito enxerga seu modelo pessoal de ensino criticamente, porém não reconhece que precisa de auxílio para progredir com modificações neste modelo.

> *P3 – "(...) porque eu acho que passar o conteúdo por passar, pro aluno eu acho que não funcionaria. Então isso a gente pega com o tempo eu acho que é questão de experiência (...)".*

Para ele, a única necessidade para o desenvolvimento de seu modelo didático de referência seria a experiência em sala de aula obtida pelo tempo de atuação profissional. Pode-se inferir, de acordo com Ballenilla (1999), que este tipo de pensamento é ainda mais grave do que a falta de crítica ao modelo de ensino, pois, se um professor enxerga criticamente o modelo que tem utilizado, porém não aceita ou não recebe auxílio para a concretização de um modelo de ensino de referência este professor sofre em sua autoestima profissional. Em suas palavras.

> "(...) se um professor depois de haver posto em questão seu modelo didático pessoal, não encontrar alternativa para o mesmo, sofre em sua auto estima e pode se instalar um visão pessimista sobre o ensino (...)" Ballenilla (1999, p. 64)

Este sujeito percebe ainda necessidade de alterações na proposta criada pelo grupo.

> *P3 – "Talvez eu não voltaria o que era anterior, eu colocaria outro experimento. Eu acho que não é proveitoso nem pra mim nem pro aluno ficar voltando pra algo que eu já testei, acho que tem que ser algo diferenciado".*

Isto, ainda segundo Ballenilla (1999) é muito importante para o futuro professor. O professor deve ter total liberdade para modificar sua prática de maneira que seu modelo pessoal de ensino seja sempre atualizado e modificado, tanto em relação a necessidades de prática de ensino, quanto em relação a necessidades específicas de cada turma e até mesmo com relação a novas informações científicas.

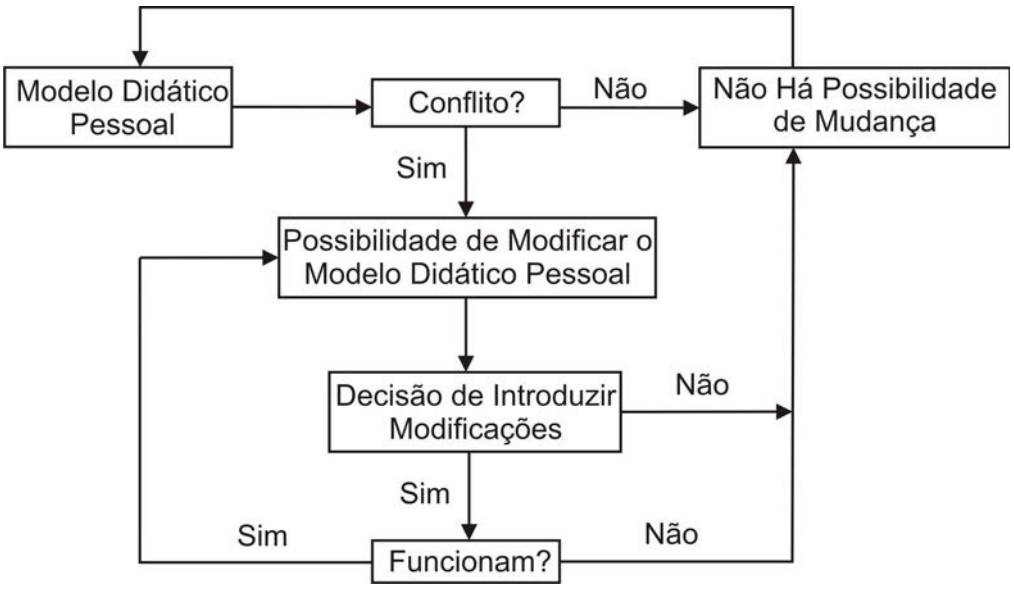
> *P3 – "(...) em questão de conhecimento, ele adquiriu muito mais com a discussão, foi muito legal, rolou uma discussão entre os grupos, então, por exemplo, num grupo tinha uma concepção e num outro grupo, outra, então rolou um papo tipo de eles discutirem entre eles. E a gente como profissional ali observando tudo. Foi muito legal, não só pra eles, mas pra gente mesmo, sabe".*

Reconhecer aprendizagens mais efetivas por parte dos alunos pode favorecer a atitude positiva em relação à mudança no modelo pedagógico pessoal. Assim, ao verificar não apenas a aprendizagem, mas a efetiva participação do aluno, e sua capacidade de utilização de conhecimentos anteriores, que para estes professores parece uma surpresa, e que na proposta de ensino por investigação tem papel fundamental, pode favorecer a adoção do novo modelo didático, ampliando as possibilidades de avanço em relação ao domínio do profissional sobre este complexo sistema que é a sala de aula.

6.8 Analise da postura dos sujeitos em relação à evolução do modelo didático pessoal.

Nesta seção, apresenta-se uma análise geral da evolução do modelo didático pessoal dos sujeitos durante as diferentes aplicações da proposta. Para tanto utilizamos a proposta de construção e evolução do modelo didático pessoal proposto por Ballenilla (1999).

Figura 10. Esquema para a evolução do modelo didático pessoal.



Fonte: Adaptado de Ballenilla (1999).

Neste fluxograma, Ballenilla (1999) apresenta uma leitura para as etapas da reconstrução do modelo didático dos professores. Nesta proposta, o professor deve perceber um conflito em seu modelo didático para que possam ocorrer modificações no mesmo. Ainda nota-se que cabe ao professor decidir introduzir modificações neste modelo. Caso elas funcionem o professor enxergará possibilidades de introduzir ainda mais modificações, sempre regulando seu modelo de acordo com suas necessidades metodológicas e se encaminha aos passos seguintes. Percebe-se, entretanto que mesmo com o sucesso das modificações, o professor pode, a qualquer momento, retornar ao modelo anterior. Caso estas mudanças não funcionem, ou o professor não se convença de seu potencial em sala de aula, não haverá possibilidade de

mudanças no modelo didático pessoal do professor, pois este se frustrará com a nova proposta.

No intuito de organizar o conteúdo para leitura, os dados relativos à analise da postura do sujeito P1 durante todo o trabalho realizado pela pesquisa serão apresentados na próxima seção em forma tabular onde será especificado cada momento do trabalho e uma visão geral da análise do modelo didático pessoal do sujeito em estudo.

P2 e P3 pelas analises realizadas nas seções anteriores não apresentaram modificações significativas em seu modelo didático pessoal, por este motivo, não foi possível incluí-los nesta etapa da análise.

P4 e P5 não foram analisados por não apresentarem intervenções significativas durante a aplicação da proposta.

6.8.1 Analise da postura de P1 em relação à evolução do modelo didático pessoal.

Quadro 12: Analise do modelo didático pessoal do sujeito P1, em relação ao momento da pesquisa.

Momento	**Analise da postura do sujeito em relação ao seu modelo didático com relação aos princípios didáticos relacionados à epistemologia da ciência**	**Analise da postura do sujeito em relação ao seu modelo didático com relação aos Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação**
Elaboração da proposta	Durante a elaboração da proposta, P1 não estava muito confiante com relação dos princípios didáticos relacionados a epistemologia da ciência, pode se perceber isto por meio de sua expressão *"A gente tem mesmo que usar os fatos históricos no minicurso? Por que?"*. Isto pode demonstrar que P1 ainda não enxerga criticamente seu modelo didático.	Não houve manifestação
Primeira Aplicação	Durante esta primeira aplicação, P1 tenta utilizar os Princípios didáticos relacionados à epistemologia da ciência, porém demonstra certa dificuldade me fazê-lo. Isto pode demonstrar que ainda faltam subsídios teórico-práticos para sua atuação profissional.	Nesta aplicação, P1 utiliza perguntas na tentativa de aplicação dos princípios didáticos referentes ao ensino por investigação, porém suas perguntas tem o intuito de induzir a reposta esperada nos alunos. Isto pode mostrar que P1 tenta mudar seu modelo didático pessoal, mas ainda faltam subsídios para que ele o faça da maneira correta.
Reflexões	Não houve manifestação.	Nesta etapa, P1 se manifesta, criticando sua atuação. Isto pode significar que neste momento P1 começa a confrontar seu modelo didático pessoal.
Segunda Aplicação	Nesta aplicação, P1 utiliza os princípios didáticos relacionados a epistemologia da ciência, tentando contextualizar o	P1 utiliza em diversos momentos os Princípios didáticos referentes ao ensino por investigação. Em alguns momentos de maneira coerente,

	conceito estudado em relação aos fatos históricos, porém aborda estas questões de uma forma simplória, o que indica a necessidade de auxílio por parte do pesquisador/formador.	relacionando fatos conhecidos com o contexto da atividade, questionando o objetivo da atividade, porém, em alguns momentos entrega a resposta pronta aos alunos.
Reflexões	Não Houve manifestações	O sujeito compreende o papel do professor ao trabalhar com a proposta que leva em consideração estes princípios didáticos.
Terceira Aplicação	Não Houve manifestações	Apesar de em certos momentos entregar a respostas prontas aos alunos, durante a maioria das atividades, P1 utiliza estes princípios de forma coerente, relacionando o conteúdo das atividades e questionando os alunos de forma objetiva.
Quarta Aplicação	Não Houve manifestações	P1 participa nesta aplicação para utilizar estes princípios didáticos em momentos em que os outros sujeitos não conseguiam lidar com os mesmos. Ele relaciona seu questionamento com experiências anteriores e também utiliza as relações cotidianas.
Entrevista final	Não Houve manifestações	O sujeito critica claramente o modelo didático tradicional em que foi formado e declara que sua atuação foi transformada a partir das interações da proposta. Também declara que tem intenção de introduzir constantes modificações em sua prática no intuito de sempre melhorar.

Por meio da organização do quadro 12, pode-se entender que o sujeito P1 passou pelas etapas previstas na teoria de Ballenilla (1999) em diversos momentos distintos, com relação aos princípios didáticos escolhidos como suporte teórico para análise neste trabalho.

Com relação aos princípios didáticos relacionados à epistemologia da ciência, constata-se que P1, inicialmente, não está certo da importância da

utilização destes princípios. Isto pode ter acontecido porque P1 ainda não enxerga críticas em seu modelo didático pessoal com relação a estes princípios didáticos. Ao longo das aplicações, pode-se perceber uma maior abertura de P1 com relação a estes princípios, porém por uma deficiência em sua formação e/ou outras questões relacionadas à formação inicial vivenciada por este sujeito, P1 não soube relacionar corretamente estes princípios durante as atividades e deixou de utilizá-los a partir da terceira aplicação.

Já com relação aos princípios didáticos referentes ao ensino por investigação, percebe-se que P1 enxerga sua postura, ou seja, sua atuação, seu modelo didático, criticamente durante as reflexões feitas logo após a primeira aplicação. A partir deste momento, nota-se que P1 inicia a sequência de modificação de seu modelo didático pessoal, proposta por Ballenilla (1999), aperfeiçoando sua prática a cada aplicação, adquirindo desenvoltura até para retomar o foco da proposta investigativa quando os demais sujeitos o haviam perdido.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes que se prossiga com as considerações finais deste trabalho, é importante notar que dentre os três diferentes princípios didáticos propostos no aporte teórico, apenas dois aparecem no material analisado. Optou-se por não analisar a postura dos professores em relação aos princípios didáticos referentes às atividades práticas no ensino de ciências, pelo fato de que este princípio foi, de certa forma, explorado durante o planejamento das atividades, utilizado reiteradamente pelos sujeitos durante as aplicações da proposta e aparecem em poucas ocasiões nas manifestações dos sujeitos.

A diminuta freqüência com que estes princípios didáticos estão presentes nas manifestações dos sujeitos também se deve ao fato de que o caráter prático das atividades foi assumido como meio de realização dos trabalhos, ou seja, havia uma exigência da ementa da disciplina que os sujeitos cursavam, de que esta proposta fosse baseada em atividades práticas e os sujeitos a assumiram como pressuposto de trabalho.

A partir da análise de dados realizada nesta pesquisa, pode-se indagar sobre as diferentes posturas adotadas em relação à proposta de alterações de modelos didáticos pessoais dos sujeitos desta pesquisa. Os sujeitos P1, P2 e P3, apesar de terem compartilhado das mesmas orientações e participado igualmente de todas as atividades de construção da proposta estipulada pela disciplina, apresentaram posturas diferentes com relação a mudanças em seu modelo didático pessoal.

Percebe-se que o sujeito P1 conseguiu enxergar de forma crítica seu modelo pessoal de ensino no momento de reflexão logo após a primeira aplicação da proposta aos alunos de ensino médio. P1 então aproveitou todos os subsídios que foram disponibilizados para construir seu novo modelo pessoal de ensino. Nota-se ainda, nas transcrições feitas a partir das entrevistas gravadas em áudio, que este sujeito mostra intenções de ainda realizar constantes modificações em seu modelo didático pessoal, em perfeito acordo com o aporte teórico desta pesquisa.

Com relação ao sujeito P2, pode-se entender que não houve uma mudança significativa em seu modelo didático pessoal, isto fica claro em seu

depoimento da entrevista final gravada em áudio. Parece que o trabalho de formação retratado nesta pesquisa, não foi capaz de promover uma visão mais crítica do sujeito em relação ao seu próprio modelo didático. Também nota-se uma pequena participação deste sujeito, principalmente durante as primeiras aplicações da proposta, que pode ser reflexo de seu desacordo com o modelo didático utilizado.

P3 teve um desenvolvimento muito diferente dos outros sujeitos. Apesar de enxergar, em certos aspectos, seu modelo didático pessoal criticamente, este sujeito não foi capaz de utilizar os subsídios fornecidos pelas atividades formativas na promoção de alterações no mesmo. Parece que P3 apresenta várias deficiências em sua formação, portanto, para que este sujeito consiga desenvolver seu modelo didático pessoal, serão necessários auxílios mais duradouros.

De maneira geral, a proposta teórica empregada neste trabalho de pesquisa funcionou de diferentes maneiras com cada um dos sujeitos. Apesar dos sujeitos serem originários da mesma turma de licenciatura, cada um deles apresenta características muito distintas com relação a sua formação, idealização profissional e principalmente na formação de seu modelo didático pessoal de ensino.

Esta análise a respeito do desenvolvimento do modelo didático pessoal de cada um dos sujeitos remete a questão de pesquisa deste trabalho. Conclui-se que é possível promover alterações nestes modelos didáticos, a exemplo do sujeito P1, porém essas alterações não ocorrem da mesma forma para todos os indivíduos, pois cada um possui um histórico de vida e de formação diferentes.

Outra questão importante nos remete a uma nova pergunta: não seria necessário que o sujeito em formação assuma parte da responsabilidade pelas mudanças em seu modelo didático? Parece-nos a partir das análises realizadas, que isto é o que ocorreu com P2.

Estes históricos pessoais de cada um dos sujeitos exercem papéis fundamentais na visão crítica do mesmo, exigindo do formador, que pretenda se aventurar pelos caminhos de uma proposta tão complexa como esta, tenha que trabalhe os argumentos e teorias necessárias para a formação crítica de cada um de seus alunos, quase que individualmente.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S.; DUSCHL R.; LEDERMAN N. G.; MAMLOK-NAAMAN R.; HOFSTEIN A.; NIAZ M.; TREAGUST D.; TUAN H. Inquiry in Science Education: International Perspectives. **Science Education** 88**:**397– 419, 2004

ALMEIDA, A. Educação em ciências e trabalho experimental: Emergência de uma nova concepção. In ME (Eds.), **(Re)pensar o ensino das ciências.** Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

ASSIS, A. K. T.**Os Fundamentos Experimentais e Históricos da eletricidade**. C. Roy Keys Inc.: Montreal, Canadá, 2010.

BALLENILLA, F. **Enseñar Investgando:** Como formar professores desde la prática? 3ª. ed. Sevilla: Díada Editorial S.L., 1999.

BIANCHINI, **O ensino por investigação e os espaços para a argumentação de alunos e professores.** 2011. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências)– Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.

BIRK, J.P. e LAWSON, E. The persistence of the candle-and-cylinder misconception. **Journal of Chemical Education**, v. 76, p. 914-916, 1999.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Ministério da Educação (MEC), 2012a. Disponível online em : http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf. Acesso em: 10/02/2012.

BRASIL. **Números do Brasil**. Ministério da Educação (MEC), 2012b. Disponível online em : http://www.todospelaeducacao.org.br/educacao-no-brasil/numeros-do-brasil/brasil/ Acesso em: 15/06/2012.

CAÑAL, P; LLEDÓ, A. I.; POSUELOS, F. J.; TRAVÉ. G. **Investigar en la Escuela: elementos para una enseñanza alternativa.** Sevilla: Díada Editorial S.L., 1997.

CUNHA, Luiz Antônio. **Os Parâmetros Curriculares para o Ensino Fundamental: Convívio Social e Ética.** Cadernos de Pesquisa, nº 99, São Paulo, 1996.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools In Flick, L. D. and Lederman, N. G. (Ed.), ***Scientific Inquiry and Nature of Science,*** Netherland,NED, Springer, p.17 -35, 2006.

DELIZOICOV; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências:** fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DEWEY, J. **Democracy and Education**: an introduction to the philosophy of education, by John Dewey. New York, NY: MacMillan, 1916.

DEWEY, J. **Logic: The Theory of Inquiry, in John Dewey: The Later Works** (1925-1953), vol. 12, 1938.

DUHEM, P.: *The* **Aim & Structure of Physical Theory**, trns. P. P. Wiener, Princeton University Press, Princeton, 1906.

FARADAY M., **The Chemical History of A Candle**. Ed. Chatto e Windus, 1908 (1860).

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários á prática docente. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GALIAZZI, F.P. GONÇALVES, B.H. SEYFFERT, E.L. HENNIG, J.C. HERNANDES. *"*A velha vela em questão*"*. **Química Nova na Escola**, Vol. 21, 26-28, 2005.

GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. Educação Pela Pesquisa Como Modo, Tempo e Espaço de Qualificação da Formação de Professores. **Ciência & Educação***,* v. 8, n. 2, p. 237-252, 2002

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: A Pesquisa Coletiva Como Modo de Formação de Professores de Ciências**. Revista Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GARCIA, C. M. Pesquisa Sobre Formação de Professores: O Conhecimento Sobre Aprender a Ensinar. **Revista Brasileira de Educação**, Nº 9, p. 51-75, 1998. Disponível online em: http://prometeo.us.es/idea/miembros/01-carlos-marcelo-garcia/archivos/Pesquisa.pdf. Acesso em: 12/07/2012.

GAZOLA, R. J. C.; MAZOTTI, A. C.; MOLERO, C. S.; MENDES, C. B.; MELLO, D. F.; MARQUES, E. M. R.; TALAMONI, J. L. B.; SILVA, J. H. D.; BARREZZI, K.; ARRUDA, O. S.; ZULIANI, S. R. Q. A. A experimentação investigativa e a construção de conceitos: o experimento da combustão da vela e as concepções de alunos de educação básica, licenciados e professores em exercício In: 9ª Jornada do Núcleo de Ensino de Marília, 2010, Marília. **Anais**, 2010.

GHEDIN, E; FRANCO, M. A. S. **Questões de Método na Construção da Pesquisa em Educação.** São Paulo: Cortez Editora, 2008.

GIL PEREZ, D; VALDES CASTRO, P. La Orientación de Las Prácticas de Laboratorio como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**, 14(2), pp. 155-163, 1996.

GOBATTO, M. R. **Centro de Formação e Atualizção dos Profissionais da Educação Básica de Mato Grosso: Um olhar Sobre a Área das Ciências da**

Natureza. 2012 . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Educação, Cuiabá. 2012.

GOMES, Romeu et al. Organização, processamento, análise e interpretação de dados: o desafio da triangulação. In: MINAYO, Maria Cecília de S.; ASSIS, Simone Gonçalves de; SOUZA, Ednilsa Ramos de (org.). **Avaliação por triangulação de métodos**. Abordagem de Programas Sociais. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2005. p.185-221

GURGEL, C. M. do A. A Experimentação em Sala de Aula e a Construção do Conhecimento pelo Aluno. In. O livro da Experimentoteca: Educação para as Ciências da Natureza através de práticas experimentais. Piracicaba, UNIMEP/USP/VITAE, 2000.

KUHN, T. S. **Concepts of Cause in the Development of Physics in his The Essential Tension**, University of Chicago Press, Chicago, 1977.

LABURÚ, C. E. Seleção de Experimentos de Física no Ensino Médio: Uma Investigação a Partir da fala dos Professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10(2), p. 161-178, 2005.

LAVOISIER, A.L. **Memoire sur la combustion dês chandelles, en Oeuvres de Lavoisier***,* 1864 (1776), p. 184**.** Imprimerie Imperiale: Paris

LAVOISIER, A.L. **Traité élémentaire de chimie**, 1864 (1789), p. 245. Disponível online em: <http://www.lavoisier.cnrs.fr/ice/ice_book_detail-fr-text-lavosier-Lavoisier-89-6.html>. Acesso em: 20/05/2012.

LEWIN, K. Action research and minority problems. **Journal of Social Issues**, New York, 2, p.34-46, 1946.

LONGUINI M. D.,NARDI R. Origens Históricas e considerações acerca de pressão atmosférica **Cad.Cat.Ens.Fís**., v.19, n.1: p.64-75, abr. 2000.

MARTINS, J.; BICUDO, Maria A.V. **A Pesquisa Qualitativa em Psicologia: Fundamentos e Recursos Básicos.** São Paulo: Moraes Editora, 1994.

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

MINAYO MC. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. Rio de Janeiro: Abrasco, 2007.
MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, p.152, 2004.

NCR (National Research Council). **National science education standards.**Washington, DC: National Academy Press, 1996. Disponível em: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=1. Acesso em 02/01/2012.

PÉREZ, G.F.F. Un modelo didáctico alternativo para transformar la educación: el modelo de investigación en la escuela. **Scripta Nova**. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, n. 64, 2000.

PIAGET, J.; GARCIA, R. **Psychogenesis and the History of Science**. Translated By H. Feider. Columbia University Press, 1989.

PORLÁN, R. **Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional.** Las concepciones epistemológicas de lós profesores. Tese de Doutorado, Universidade de Sevilha, 1989.

PORLÁN, R.; GARCÍA, J.E. **Ensino de Ciências e Prática Docente: Uma Teoria do Conhecimento Profissional.** Transcrição de conferência apresentada no V Congresso Internacional sobre Investigação em Didática de Ciências realizado em Murcia, Espanha, 1997.

PRIESTLEY, J. **An Account of Further Discoveries in Air.** Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1683-1775 (Vols. 66-177). p.387. Disponível online em: <http://www.jstor.org/stable/106209?seq=1> Acesso em: 20/05/2012.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n.3, p.257-274, 2008.

RODRIGUES, B. A; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. **Atas**, Curitiba, 2008.

RODRIGUEZ, J et al. ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estratégias de enseñanza por investigación. **Investigación em la escuela**, n. 25, 1995.

SANDOVAL, W.A. Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. **Science Education**, n. *89, vol. 4, p.* 345-372, 2005.

SAVIANI, D. *Escola e democracia*. I7ª ed. Sã Paulo, Cortez/ Autores Associados, 1988.

SCHWARTZ, R.; CRAWFORD, B. Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science. In L. Flick & N. Lederman (Eds.), **Scientific inquiry and the nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education** p. 331-356. Dordrecht, Netherlands, 2006.

SUART R. C.; MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio**.** XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ*)*. **Atas.** Disponível em

http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0342-1.pdf. Acesso em 20/02/2011.

TOMAZELLO, M. G. C. et al. **A Experimentação Na Aprendizagem de Conceitos Físicos Sob A Perspectiva Histórico-Social**. Piracicaba: PROIN-CAPES, 2000.

TRÓPIA, G.; CALDEIRA A. D. Imaginário dos alunos sobre a atividade científica: reflexões a partir do Ensino por Investigação em aulas de Biologia**. R. B. E. C. T**, vol 2, n. 2, mai./ago. 2009.

VAUX, C. (tradutor). Les Pneumatiques de Philon de Byzance. **Tiré de Notices Et extraits des manuscrits de la bibliothéque nacionale et authes bibliothéques**, tome XXXVIII, Imprimerie nationale, Paris, 1902, p. 127. Disponível online em : <http://www.archive.org/stream/lelivredesappar00philgoog#page/n141/mode/1up>. Acesso em: 26/05/2012.

ZULIANI, S. R. Q. A.; SOUZA, D. C. Semana da Inclusão Científica e Universitária: espaços para a formação inicial na relação teoria e prática pedagógica. In: Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química , VI.,2011, São Carlos. Anais... São Carlos: Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo, 2011. p. 41.

ZULIANI, S. R. Q. A.; HARTWIG, D. R. A influência dos processos que buscam autoformação: uma leitura através da fenomenologia e da semiótica social. Ciência & Educação, v. 15, n. 2, p. 359-82, 2009

ZULIANI, S. R. Q. A. **A Investigação Orientada como Instrumento para o Desenvolvimento de Competências Profissionais Docentes** Relatório de Pesquisa Trienal. Departamento de Educação. UNESP, Bauru, 2012 , p. 8.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. **Revista Ensaio**, v.13, n.03, Belo Horizonte, p.67-80, 2011.

APÊNDICE A1: Questionário respondido, pelo sujeito P1 por meio de correio eletrônico.

Questionário de Avaliação aos professores do Minicurso.

- Você já havia atuado como professora?
  R: sim, ministrei as aulas no cursinho da faculdade durante um semestre; atualmente me dedico as aulas particulares.

- Já havia aplicado a metodologia investigativa?
  R: como somente tive conhecimento da metodologia investigativa neste semestre, nas aulas de Estágio Supervisionado no Ensino de Química, nunca apliquei-a antes.

- Quais a principais diferenças que você encontrou entre esta metodologia e a metodologia tradicional com relação ao trabalho do professor? E a Aprendizagem dos alunos?
  R: Na metodologia investigativa o professor problematiza o conteúdo, elabora várias perguntas, sempre pensando nas possíveis respostas que os alunos poderão dar.

  Na metodologia tradicional o professor apenas prepara as aulas e espera que os alunos tragam as perguntas para que ele responda.

  Na minha opinião o aprendizado é mais efetivo quando se adota a metodologia investigativa, pois o conhecimento é construído quando o próprio aluno vai em busca das respostas das perguntas proposta pelo professor; o aluno deixa de ser passivo ao conhecimento, o conteúdo é visualizado em prática e deixa de ser simplesmente memorizado como ocorre no ensino tradicional.

- Cite os pontos negativos e os positivos que você encontrou ao utilizar esta metodologia.
  R: Pontos positivos: o aprendizado é mais significativo pois é construído pelo próprio aluno, é mais dinâmico ao passo que os alunos são “obrigados” a participar das aulas, o professor interagem mais com os alunos, melhorando a relação professor-aluno.

Pontos negativos: tanto o preparo das aulas como a aplicação da mesma exige um tempo maior ao comparado com o uso da metodologia tradicional.

- Você pretende continuar utilizando a metodologia investigativa? Por quê?
  R: sim, é um desafio tanto para os alunos e principalmente para o professor, ambos são obrigados a deixar a inercia.

- Faça uma avaliação sobre a sua atuação durante a primeira e a segunda aula do minicurso. Houve alguma mudança?
  R: Na minha opinião, como foi meu primeiro contato na prática com a metodologia, acho que em ambas as aulas me saí bem, faltou mais desenvoltura perante a sala em geral, não com os alunos da minha bancada, que por sinal consegui me fazer entender.

  Analiso que o ocorrido é devido a minha pouca experiência tanto no método investigativo como na falta de prática em sala de aula, já que minha dedicação maior é nas aulas particulares.

- Avalie de uma forma geral o trabalho de seus colegas de grupo, seu desempenho e seu desenvolvimento durante as atividades.

R: houve dedicação no preparo e aplicação do minicurso tanto por minha parte como de minhas colegas de grupo.
Em consideração a minha participação durante a atividade de forma geral foi positiva, faltou um pouco mais de liderança e iniciativa, algumas questões tanto no preparo como na aplicação do minicurso surgiram e eu aceitei-as passivamente, coisa que no próximo minicurso não deixarei passar.

APÊNDICE A2: Questionário respondido, pelo sujeito P2 por meio de correio eletrônico.

Questionário de Avaliação aos professores do Minicurso.

- Você já havia atuado como professora?
  Sim.

- Já havia aplicado a metodologia investigativa?
  Sim, mas de forma mais simples e com auxílio de uma orientadora.

- Quais a principais diferenças que você encontrou entre esta metodologia e a metodologia tradicional com relação ao trabalho do professor? E a Aprendizagem dos alunos?
  Esta metodologia exige do professor além do domínio do conteúdo. Faz necessário um controle de tempo e de argumentação pra a construção do raciocínio do aluno. É muito efetiva em relação à aprendizagem, porque faz com que ele sofra uma quebra de raciocínio lógico provindo muitas vezes do conhecimento do senso comum para utilização de conhecimento cientifico, uma análise mais aprofundada do objeto de estudo. E assim construindo um conhecimento muito mais sólido e completo.

- Cite os pontos negativos e os positivos que você encontrou ao utilizar esta metodologia.
  Ponto negativo: O professor deve saber questioná-los, se não o foco da aula pode ser perdido.

  Ponto positivo: Melhoria da relação professor-aluno e na estrutura de aprendizagem.

- Você pretende continuar utilizando a metodologia investigativa? Por quê?
  Sim. Porque ela prepara muito mais os alunos, por exigir deles um conhecimento mais aprofundado. Além de ajuda a similar o conteúdo estudado com a realizada onde estes indivíduos estão inseridos.

- Faça uma avaliação sobre a sua atuação durante a primeira e a segunda aula do minicurso. Houve alguma mudança?
  Sim. Na primeira atuação estava muito insegura, às vezes por ansiedade atrapalhei até mesmo o raciocínio dos alunos. Pode-se perceber isso ao final da apresentação. Já no segundo, estava mais preparada e utilizei melhor o tempo e aperfeiçoei o meu método de abordagem com os alunos.

- Avalie de uma forma geral o trabalho de seus colegas de grupo, seu desempenho e seu desenvolvimento durante as atividades.
  Foi satisfatório. Por utilizar-se poucas vezes desta metodologia, espero que melhore com o tempo.

APÊNDICE A3: Questionário respondido, pelo sujeito P3 por meio de correio eletrônico.

- Você já havia atuado como professora?
  Sim

- Já havia aplicado a metodologia investigativa?
  Não

- Quais as principais diferenças que você encontrou entre esta metodologia e a metodologia tradicional com relação ao trabalho do professor? E a Aprendizagem dos alunos?
  O professor nesta metodologia tende a ser apenas um orientador, deixando os alunos instigados para descobrir o resultado final. Neste ponto a aprendizagem dos alunos é melhor por que eles compreendem melhor e mais significativamente enquanto que na metodologia tradicional, muitos alunos estão acostumados a esperar sempre a resposta do professor. E isso tira o senso crítico achando que o melhor seria eles aprenderem com a matéria e os resultados passados pelo professor.

- Cite os pontos negativos e os positivos que você encontrou ao utilizar esta metodologia.
  Os pontos negativos é o que professor precisa saber não tira a linha de raciocínio do aluno, não ter pressa sempre esperar pela resposta, e elaborar sempre as perguntas certas para que os alunos para não saírem foco.

  Os pontos positivos é que os alunos têm a capacidade de juntar todo seu histórico de aprendizado para construir um novo, ou fazer com que suas concepções anteriores fossem erradas e agora descobrisse a mais aceitável explicação.

- Você pretende continuar utilizando a metodologia investigativa? Por quê?
  Sim, porque embora dê muito trabalho os alunos ficam mais participativos e também evoluem e aprendem mais do que na metodologia tradicional.

- Faça uma avaliação sobre a sua atuação durante a primeira e a segunda aula do minicurso. Houve alguma mudança?
  Na primeira aula foi muito ruim, não sabia ao certo como fazer para perguntar, ou para questionar os alunos, sentia medo e apreensão com relação ao método avaliativo. Já na segunda saímos melhor devido a prática já imposta na primeira e por isso deu mais segura para aplicar aos alunos.

- Avalie de uma forma geral o trabalho de seus colegas de grupo, seu desempenho e seu desenvolvimento durante as atividades.
  Meus colegas trabalharam muito bem, o grupo estava organizado e preparado. No desempenho meu deixei a desejar em algumas coisas como explicação ou falta de estudar um pouco mais o conceito elaborado. Com relação as atividades foram bem elaboradas mas precisaram de mais atenção a minha parte para não invadir a linha do tempo com a pressa e medo de acabar sem ter passado todo o conteúdo ou ter alcançado o objetivo final.

APÊNDICE B1: Transcrição das gravações em vídeo durante a primeira aplicação da atividade.

P1 e P1 apresentam uma pequena introdução histórica sobre velas.

P3: Agora a gente vai fazer um experimento sobre a vela. Vocês já estão divididos em grupos. Então cada um de nós vão ficar em cada bancada auxiliando vocês, só que vocês que vão fazer todo experimento, tá.

P2: Hoje vocês são os Químicos!

P1: Em cada bancada tem duas folhas e sulfite. O que vocês vão fazer: A gente vai conversando com vocês, vocês vão fazendo o experimento, vão anotar o que vão observar. A gente vai fazendo perguntas e vocês vão respondendo. A resposta é do grupo. Então vocês vão discutir entre si e dispor.

PQ: Pessoal o primeiro experimento que a gente vai fazer é um experimento muito básico. Vocês estão vendo em cima da bancada que tem um prato maior.

P1: Pode todo mundo pegando.

PQ: E tem uma vela. Peguem a vela também. Primeiro vocês vão fixar a vela no fundo do prato. Vocês vão colocar água neste prato até a metade dele mais ou menos. Peguem o copo que está sobre a bancada. Acendam a vela novamente. Agora cubram a vela com este copo.

E observem o que acontece!

Alunos: A vela apaga! Oia a água mano!

Alunos: A água tá subindo!

PQ: Pessoal, agora eu quero que vocês escrevam o que vocês observaram.

PQ: Agora eu quero que vocês respondam a duas perguntas que estão ali no quadro: Por que a vela apaga e por que a água “sobe” dentro do copo.

Alunos: O fogo se alimenta do oxigênio a força dele puxou a água procurando oxigênio.

Alunos: Quando nos colocamos o copo sobre a vela, o fogo se apaga rapidamente e a água sobe no tanto que colocamos no recipiente do prato. Quando tiramos, a água se abaixa novamente e quando colocamos o copo novamente a água já não sobe o mesmo tanto. A vela se apaga por que não tem oxigênio total para continuar acesa e quando acendemos a vela a fixação dela absorve um tanto de água fazendo com que a vela se apague rapidamente fazendo a água subir. Na questão dois, quando cobrimos a vela

com o copo, fica um pouco de água no recipiente é o que acontece que a água sobe no tanto que colocamos no prato.

Alunos: Quando a gente tá com a vela apagada, a água não sobe, quando a gente tá com a vela acesa a água sobe por causa que o ...

Alunos : Oxigênio...

Alunos: O oxigênio é..

Alunos: Se concentra na água.

Alunos: hãham.

Alunos: A vela apaga porque quando tampamos a vela com o copo o oxigênio acaba e a vela não consegue manter o fogo aceso. E o nível da água sobe porque a concentração de oxigênio que acabou em cima do copo passou para baixo, ou seja, para água e fez com que a água fosse para cima. Acabou o oxigênio e a água ocupou.

Em seguida PQ, propõe que os alunos se reúnam em circulo ao centro da sala e que todos discutam suas hipóteses.

PQ: Agora que vocês já discutiram um pouco, antes de fazer o próximo experimento, eu vou fazer uma pergunta para vocês. Todos falaram sobre o oxigênio. Quanto de oxigênio existe no ar?

Alunos: Existe na onde?

P2: A atmosfera, só tem oxigênio no ar? Ou tem outros gases? O que você acha?

PQ: qual é a porcentagem de oxigênio no ar? Vocês sabem?

Alunos: Uns 30%?

PQ: Agora a gente vai fazer um experimento para saber disto.

PQ apresenta o material para o experimento e cada um dos sujeitos de pesquisa coordena o experimento 2 nas diferentes bancadas em conjunto com os alunos.Em seguida os alunos são convidados a chegarem a um consenso geral sobre as duas primeiras perguntas.

Alunos: A nossa opinião é quase igual a do outro grupo, porque o fogo está precisando do oxigênio e não tem oxigênio por dentro e o oxigênio que ele está precisando por dentro a água absorve por isso que sobe o nível.

P1: Então tá vocês agora chegaram em uma ideia em grupo. Então qual que é a ideia.

Alunos: A maior concentração de oxigênio fica no nível da água. Porque ele tenta absorver oxigênio de baixo para cima.

P1: Então a primeira pergunta? Por que a vela apagou.

Alunos: Por que acaba a concentração de oxigênio em cima do copo.

Alunos: Dentro do recipiente.

Alunos: Dentro do recipiente fechado.

P1: Então acabou o oxigênio lá.

Alunos: Acabou o oxigênio.

P1: Tá. E por que a água subiu?

Alunos: Então, depois que acaba, o oxigênio do recipiente fechado ele vai procurar mais oxigênio para se manter acesa, então ela tenta achar a quantidade de oxigênio que tá embaixo no nível da água e ela faz com que sobe, entendeu?

P1: Então você tá falando que em parte a água tá ocupando o lugar que o oxigênio foi consumido?

Alunos: É.

P1: Então tá isso é a ideia de vocês. Concordam? Então coloquem no papel isso.

P1: É esse experimento realizado, não foi a primeira vez que foi feito. Tinha século II antes de Cristo, um cientista que já tinha realizado o experimento. Vamos ver o que ele observou? A1 pode ler para gente?

Foi realizada a leitura do primeiro texto, o experimento II foi conferido, a porcentagem de oxigênio do ar verificada e o texto 2 foi lido.

PQ: P3 fala mais ou menos o que o Priestley queria dizer, o que eles pensavam na época.

P3: Eles não tinha ideia de como era o oxigênio, né. Não existia para eles o oxigênio eles falavam que o ar praticamente existia um que era deflogistico e flogístico.

P1: A concepção deles era 3: Terra, Água...

PQ2: Quatro... Fogo e ar.

P3: Fogo e ar. Que eles entendiam somente os quatro elementos da matéria. E com o passar dos anos a gente teve a ideia de estar aprimorando isso então ele costumava dizer muito com relação a respiração. Priestley ligava muito o ar que ele respirava, então ele ligava o ar que ele respirava a combustão, ele queimava. Então ele tinha uma noção basicamente do que era o oxigênio só que ele não tinha adotado o nome oxigênio. Ele falava que era um ar que era deflogistico e flogistico.

P1: Então inicialmente eles não faziam os experimentos para determinar as coisa igual a gente fez para determinar a porcentagem de oxigênio do ar atmosférico. Eles tinha essa relação eles consideravam esses quatro elementos e achavam que isso era suficiente. Só que daí passou um tempo e começo a ter uma revolução científica, as pessoas começaram a estudar separadamente... Começaram surgir curiosidade de saber o porque das coisas, tá.

P3: E o por que das coisa levam a responder o por que. Quando a gente quer achar uma resposta que justifique. E nessa concepção é... A gente vai continuar falando a respeito do que vocês fizeram agora, foi o que Lavoisier encontrou. Tudo bem?

Leitura do texto III

P1: Então, antes a gente não tinha essa padronização de unidades. A gente não tem um padrão internacional de unidades? Então, antes eles não tinham essa padronização, então eles utilizavam vários sistemas de medidas, por isso esses nomes aqui, onça, polegadas, pé cúbico, tá. Era a forma que eles utilizavam pra medir. Então, não tinha uma padronização. Ela utilizava um sistema de medida, o outro, outra. Não tinha então essa padronização que a gente tem hoje. Cada país utilizava um sistema de medida. Por que teve essa necessidade? Como que a gente vai compartilhar? Eu fiz um experimento aqui, o colega fez outro, como que a gente vai compartilhar nossos dados se a gente não tem uma unidade pra gente poder compartilhar isso. Então, por isso da padronização. Que antes eles não compartilhavam, depois com o tempo eles foram aprendendo a passar esse conhecimento um para o outro.

Após a realização do experimento IV:

PQ2: Ar quente e ar Frio, o que vocês aprenderam sobre ar quente e ar frio?

Alunos: Ar quente sobe, aí como tá tampado embaixo não tem mais ar frio, só ar quente subiu e apagou a vela.

P3:Então você tá me dizendo que...

Alunos: O ar frio é mais pesado então ele sempre fica na parte de baixo, então o ar quente já é mais leve.

APÊNDICE B2: Transcrição das gravações em vídeo durante a segunda aplicação da atividade.

Introdução, histórico da vela.

P3: Todo mundo conhece a vela, a gente tem em casa. Mas ela sempre foi assim?

Alunos: Líquida.

P3: Líquida! Mais alguém sugere alguma coisa?

P2: E esse líquido seria o que, assim?

Alunos: Se não fosse líquido não iria pegar fogo.

P2: Será?

Realização do experimento I.

P1: Vamos dar uma reparadinha aqui do que tem na bancada. O que você estão vendo aí? Vocês conhecem alguma vidraria ou não?

Alunos: Não.

P1: Então agente tem aqui uma estante de tubo de ensaio, tubos de ensaio, um copo comum um béquer com uma solução de ácido acético, a vela (...)

(...) Todas as bancadas a gente tem esse material. Aí a P2 vai mostrar pra vocês como a gente vai fazer esse experimento. O experimento é cada um que vai fazer na sua bancada (...)

P2: Então como que vai ser o primeiro experimento. Os químicos vão ser vocês, vocês que vão realizar o experimentos (...) Vocês vão pegar a vela e fixar (...) Depois vocês vão encher de água mais ou menos pela metade, tampar com o copo e escrever o que vocês observaram.

Os alunos observam os fatos.

P3: Então aqui pessoal, Por favor. Vocês observaram o que aconteceu, então agora vou fazer umas perguntas para vocês. Por que a vela apaga? E por que o nível da água sobe no copo? Eu quero que vocês escrevam.

Os alunos formulam suas hipóteses.

P1: Então agora vocês vão falando a opinião de cada grupo, tá?

Alunos1: Observamos que ao colocar o copo a vela se apagou por falta de oxigênio e em seu lugar foi substituído pela água.

Alunos2: A vela apagou por falta de oxigênio. A pressão de dentro do copo aumenta, através do calor da vela o copo fica embaçado e com pressão. Ao retirarmos o copo a pressão devido ao calor aumenta.

Alunos3: O fogo só é mantido em contato com o oxigênio. O nível da água subiu devido à pressão.

Alunos4: O volume de água do lado de fora do copo diminui e o do lado de fora aumentou. A pressão externa é menos do que a interna porque quando é reirado o copo sente preso no fundo. Tem pressão. Após a vela apagar o copo ficou úmido por dentro.

P1: Tá. Então todo mundo aqui falou a ideia de vocês (...) Agora 5 minutinhos para vocês discutirem entre vocês e terem uma ideia geral de todos os grupos.

Discussão das hipóteses.

Alunos: O oxigênio do ar quando entra em contato com o hidrogênio que tem na parafina forma água.

P2: Só a água?

Alunos: Água e CO2.

P1: Isso é reação do que?

Alunos: Reação química.

P1: Reação de?

Alunos: Combustão.

P1: Isso! Então o que vocês falaram que forma na reação de combustão?

Alunos: Água e gás carbônico.

Realização do experimento II.

P1: Então pessoal, vamos ver a média. Quanto que deu de cada grupo aqui?

Alunos: 12; 21,5; 23,22; 14.

P1: Então, o experimento de cada grupo foi realizado por pessoas diferentes, certo? Então cada pessoa fez de um modo. Então, quer dizer, se ela deixou o Bombril mais tempo, ou demorou pra colocar dentro do tubo de ensaio, tudo isso interfere no resultado.

P2: Se mexeram no tubo. Se tiveram cuidado para marcar.

P1: Isso. Então acarreta no meu resultado um erro. Então como que eu faço pra ter um valor que eu posso utilizar como geral aqui da sala?

Alunos: Faço a média.

P1: Como que eu faço a média?

Alunos: Pega todos e divido por 4?

P1: Vamos fazer então?

Os sujeitos fazem o cálculo no quadro.

P1: Então o que é aquilo ali. É a média, certo?

Leitura do texto II.

P1: O que a gente viu a primeira coisa? A gente viu aquele texto do Philo. Ele chegou na mesma concepção de vocês, que tinha o oxigênio acabado e que a água tinha substituído o lugar do oxigênio dentro do copo, não foi isso? (...) Por muito tempo ficou essa concepção, poucas pessoas estudaram esse experimento, tá? E nessa época as pessoas tinham uma ideia de que tudo era formado por quatro elementos, terra, fogo, ar e água. Isso ficou por muito tempo essa ideia. Aí depois de muito tempo as pessoas começaram a questionar essa ideia. Mas como assim 4 elementos? Então veio essa revolução científica. Aí um cara resolveu estudar isso mais a fundo, vamos ver a ideia dele aqui?

Os alunos fazem a leitura do texto do Priestley.

P1: Então o que que era a ideia dele? Ele tinha a ideia que o ar era composto de uma mistura de gases, mas ele não especificou o gás. A gente sabe o que é, um dos componentes é o oxigênio (...) Mas na época ele não dava esse nome, ele não sabia que era o oxigênio.

PQ faz uma pequena transposição dos experimentos de Priestley.

P1: Aí mais pra frente em 1779, Lavoisier começou a estudar esse experimento que o Priestley tinha feito. Vamos ver o que ele observou estudando mais a fundo isso.

Leitura do texto do Lavoisier.

P2: Essas unidades era a unidade da época. Não é que nem hoje que a gente tem Ml, Km. Hoje a gente chama o que (...) Generalizou né. Tanto é que a gente tem um sistema internacional de unidades né.

P1: Quando você vai fazer um experimento que você vai publicar ele, que é de âmbito internacional, você tem que usar o sistema internacional de medidas.

Por que isso? Porque, como eu vou compartilhar? Igual lá na época, o que eles faziam, um fazia com um tipo de medida que ele inventou lá, o outro com outra, e como que eu ia compartilhar? Ele não conhece minha medida. Então pra isso o sistema internacional de medida, pra mim conseguir ler. Preu pegar o seu artigo e saber como você fez o experimento, o que você utilizou pra medir (...)

P3: Esse valor aqui estimado, gira em torno de 21%.

P1: E qual foi o valor geral que a gente achou aqui? A média da sala?

Alunos: 17.3%

P1: Isso.

PQ explica o experimento de Lavoisier.

P1: Por isso que o experimento que ele encontrou foi 21% e o nosso foi 17%. Então foi os erros que a gente foi obtendo com o modo que a gente fez.

P2: No laboratório, para evitar esse tipo de erro, os experimentos são feitos pela mesma pessoa.

Realização do experimento IV. E discussão sobre as questões iniciais.

P1: Vocês lembra o exemplo que o PQ deu do balão? O que vocês falaram da gente do ar quente?

Alunos: Expande.

P1: Não mudou a quantidade, ele só expande. Quando eu aqueço o balão, ele infla, não é?

Alunos: As moléculas se mexem.

P1: Isso. E aí?

Realização do experimento IV. E conclusão.

APÊNDICE B3: Transcrição das gravações em vídeo durante a terceira aplicação da atividade.

P3:Boa Noite! Hoje a gente ai começar um minicurso com vocês. É uma aula diferenciada, é um método totalmente diferente do que vocês estão acostumados em sala de aula. Tudo bem? A gente tem o privilégio de trazer você aqui e disponibilizar um curso a respeito sobre velas. Se chama basicamente contribuições históricas para a compreensão da combustão em recipientes fechados. Isso significa um simples experimento com a queima de uma vela que contém inúmeras implicações científicas. A gente vai discutir sobre isso conforme a gente for fazendo alguns experimentos. Tá bom? Vamos lá.

P3: A primeira introdução que a gente vai ter, é o princípio de tudo. Qualquer coisa no mundo que a gente observa, ela contem luz e desde o princípio pra gente tomar uma consciência do nosso experimento de hoje que é introduzir sobre a vela. Muito antes de conhecerem por vela, o primeiro indicio que agente tinha era o fogo como forma de iluminação. Tudo bem?

P3: Mas a vela como a gente conhece nunca foi desse jeito ela foi se aprimorando conforme os anos. A primeira vela que surgiu foi no início de tudo de tudo mesmo da civilização, mais ou menos em torno da idade média. Foi uma vela incorporada por gordura animal. Era possível todo mundo, ter como hoje? Não! Era caro. Então a gente tinha que fazer uma vela que ela durasse mais tempo ainda. O que a gente começou a investigar e a padronizar? Pra relembrar um pouquinho observem bem o favo de mel, o que a gente tem no favo de mel?

Alunos: Abelha!

P3: Fora abelha.

Alunos: Mel.

P3: Fora mel.

Alunos: Luz.

P3: Fora isso.

Alunos: Cera.

P3: Cera! Tudo bem? Na idade média eles já conseguiram fazer uma vela melhor com melhor iluminação, através de cera de abelha. Porém a vela sendo de gordura animal e sendo também de cera, ela fedia muito! O que acontece? Conforme vai passando os anos, a gente tem uma demanda crescente de velas que acontece no mundo todo. A gente descobriu uma tal de eletricidade,

o que passou a vela digamos assim... colocada como fonte de luz. Então, o que aconteceu? A gente usou ela para fazer um outro tipo de vela que a gente conhece atualmente. Na idade média aqui foi se desenvolvendo e todo mundo podia ter a vela. Até chegar numa segunda ação. Só que a vela antigamente era vendida como artigo de luxo, então somente os reis podiam. Conforme desenvolvimento, todo mundo pode ter a vela. Só que atualmente existe uma exploração do petróleo. E de petróleo retira-se a parafina. Então todas as velas que existem hoje no mercado, contém parafina. Por que? Ela é um meio que dura mais, tem velas que duram horas e horas e tem uma iluminação muito boa.

P3: Então pra você observarem que o histórico da vela desde uma fonte de luz até agora existe vários aprimoramentos, ao foi descoberto do nada essa vela. Foi simplesmente colocado pra vocês como uma intenção (...).

P1: Vai... Vai... Eu?

P1: Pessoal o primeiro a gente vai partir pro primeiro experimento nosso. Tá? Como que vai fazer? O material que vocês vão precisar são esses que estão em cima da carteira aí. É a vela, o prato e o copo e a gente vai dar água e o isqueiro. É muito simples o experimento. Então o que vocês vão fazer? Vão pegar a vela. Vão fixar a vela no prato. Vai, coloca um pouquinho de água, não muito, a gente vai falando pra vocês a quantidade certinha. E depois vocês vão tampar (...) Aí depois que você fizerem isso o que vocês vão fazer? Vão observar o que aconteceu e vai anotar pra mim tudo o que vocês observaram do experimento. Aí a gente vai conversar.

Os alunos fazem o experimento. Anotam o que observaram, em seguida escrevem suas hipóteses.

Alunos: Acabou o oxigênio e apagou a vela?

P3: Só o que vocês observaram! Se vocês quiserem repetir o experimento para observar de novo pode! Fica a vontade.

P1: Quer fazer sem a água?

P1: Agora você escreve pra mim o que você observou sem a água.

P1: Meninos, vamos começar? Pronto? O que vocês responderam por que a vela apagou e por que a água subiu?

Alunos: Acabou o oxigênio e a vela apaga.

P1: Isso foi o que vocês falaram porque a vela apagou. E por que o nível da água subiu?

Alunos: Como vai ter a falta do oxigênio, com a pressão que o oxigênio fazia, isso com a falta, daí a água subiu e entrou no lugar.

P1 (apontando para outro grupo): E vocês?

Alunos: Seguinte, para o fogo ficar aceso, precisa de oxigênio. E quando é colocado o copo tira todo o oxigênio do fogo. E quando o oxigênio está dentro do copo ele tenta puxar o combustível da água e a água sobe.

P1 (apontando para outro grupo): E vocês?

Alunos: Uma hora acaba o oxigênio do recipiente, ou seja, dentro do copo e a água ocupa o lugar do oxigênio queimado, aí sobe.

P1 (apontando para outro grupo): E vocês aqui?

Alunos: A vela apaga porque não tem mais oxigênio no copo. Aí depois como vai queimar o oxigênio, o copo vai ficar vazio uma parte e a água sobe.

P1: A primeira pergunta, todo mundo chegou na mesma ideia. É que o oxigênio acabou dentro do copo. A segunda questão um grupo falou uma coisa e o outro falou outra coisa. Então 5 minutinho para vocês repensarem a questão e dar uma ideia geral.

P3: Olha teve uma opinião aí diferente da outra. Por que você acha que a sua opinião está certa. Por favor se comuniquem, tenta convencer o colega de que a sua opinião está certa.

Os alunos discutem sobre suas hipóteses.

Alunos: Já que queimou o oxigênio aqui dentro ia acabar com uma parte. Né? Aí ia puxar a água pra dentro por que como ia estar vazio... uma parte do oxigênio de dentro do copo ia estar vazio, por causa que ele teria sido queimado, por isso que a água ia subir. Só que como está queimando o oxigênio ele não vai estar ficando vazio (...) Já que está queimando o oxigênio ele não ia estar mudando? De oxigênio pra outra (...) formando alguma coisa.

P4: Vocês acham então que, a hora que o oxigênio, pelo o que vocês estão dizendo, que a hora que o oxigênio do copo acaba, aí tenta tirar o oxigênio da água? É isso?

Alunos: Mas quando sobe o copo fica com umidade, então o calor não permanece.

P1: Você já fez sem a água para observar o que vai acontecer? Os meninos aqui (apontando para o grupo 4), fizeram sem a água.

Alunos: Aconteceu o que?

Alunos: Apaga!

P3: Vocês gostariam de fazer sem a água?

Alunos: Gostaria!

P3 realiza o experimento novamente, desta vez sem água.

P3: E aí pessoal, será que acabou a umidade aqui? Vocês querem provar?

Alunos: Acabou!

P3: Quer passar o dedo em volta, por dentro do copo? Pra ver se tem água? Tá úmido?

Alunos: Tá!

Alunos: É o vapor!

P1: Olha, o que pra vocês é uma reação de combustão? Olha nosso minicurso não é sobre combustão em recipiente fechado? O que é a combustão?

Alunos: Uma queima.

Alunos: Vai ter um gás.

P1: Quando você fez o experimento, a vela tava acesa, tava queimando, você tampou. O que aconteceu? A vela apagou, não foi? Aí vocês falaram que a vela apagou porque não tinha mais oxigênio. Então numa reação de combustão a gente precisa de oxigênio?

Alunos: Isso

P1: O que vocês estão fazendo? Uma queima. Não é? Então é uma reação de combustão. Aí vocês falaram que acabou o oxigênio e acabou o fogo. Então é (...) O que está queimando na vela?

Alunos: O que está queimando?

P1: É. Ó se eu tenho uma reação de combustão, eu preciso do que?

Alunos: De um gás?

P1: De um combustível. Não é? De combustível mais o oxigênio. Certo? Isso são meus reagentes. Se é uma reação, toda reação é uma? (...) É uma transformação, não é? Então eu tenho algo e vou transformar em outro. Então o que vocês observaram, houve a queima da vela aí (...) Se é uma reação ela está acontecendo alguma coisa (...)

Alunos: Gás Carbônico.

P1: Só o gás carbônico? O que vocês viram que tinha ali no copo? Quando vocês puseram o copo com a água, vocês falaram que tinha um vaporzinho lá que era por causa da água, não é? Aí vocês fizeram sem a água e tinha o que lá?

Alunos: umidade

P1: E aí?

Alunos: Difícil. Hidrogênio?

P1: Não é hidrogênio, não é isso!

P1: Ó vamos pensar um pouquinho. Pra primeira pergunta vocês falaram pra mim que o oxigênio acabou e a vela apagou, e a segunda questão, vocês vão falar o que pra mim agora? Vocês acham que não deu pra chegar numa ideia ainda?

Alunos: Por enquanto ainda não!

P1: Olha vamos fazer outro experimento? Vocês sabem (...) Vocês já pararam para observar (...) Vocês sabem o quanto tem de oxigenio no ar atmosférico?

Alunos: Muito!

P4: Quantos por cento?

P3: O que vocês acham, a opinião de vocês!

Alunos: 90%

P1: É tudo isso?

P1: A gente vai fazer um experimento que dá pra gente observar isso daí, tá. Mas aí vai ser um valor aproximado, tá?

Os alunos realizam o segundo experimento.

P1: (...) Aqui também tem um texto de um cientista, que ele fez esse experimento muitos anos atrás, a gente vai explicar certinho pra vocês. Aí o que eu vou pedir pra vocês? Que alguém leia o texto aí a gente vai comentar com vocês. Pra vocês verem qual que foi a ideia dele quando ele realizou o mesmo experimento que vocês fizeram aqui, tá? Então o que a gente vai fazer? A gente vai fazer uma análise de como era feito antes, como foi feito agora e ver se a gente chegou na mesma concepção que ele, se foi diferente, a gente vai discutir isso, tá?

P4: Então (...) No século II o Filo de Alexandria (...) Foi o primeiro escritor a relatar sobre esse primeiro experimento que a gente fez, da vela com o copo com a água, aí ele relatou nesse texto que vocês vão ler.

Os alunos fazem a leitura do primeiro texto.

P1: O que vocês viram da ideia dele e da ideia que vocês chegaram realizando o mesmo experimento?

P3: Na verdade tá escrito aqui que é no século II antes de Cristo.

P1: E aí? A ideia de vocês foi diferente?

Alunos: Até agora não!

P1: O que ele falou no texto?

Alunos: O ar dentro do copo acaba e fica vazio, por isso que a água sobe.

P1: A água sobe ocupando o lugar vazio que era antes ocupado pelo oxigênio ou o ar? Ele falou na época que era o ar. É que antes, eles não tinham a concepção do que o ar é. Hoje a gente sabe que o ar é composto de quais elementos? Oxigênio, Nitrogênio, gás Carbônico, não é? Tem vários componentes do ar atmosférico, tanto que a gente chama o ar atmosférico de uma mistura, não é? Só que ele não tinha essa concepção que a gente tem hoje. Isso hoje, lá eles não tinha essa ideia.

P3: Então ó. Vocês falaram pra mim que a vela apaga porque o oxigênio acaba. Proponha então uma maneira de eu deixar a vela acesa, mesmo deixando dentro de um recipiente.

Alunos: Um furo.

P3: Um furo em cima do copo? Tá! Vamos ver então?

Realização do terceiro experimento.

P1: E agora por que a vela apagou?

Alunos: Porque acabou o ar!

P1: Mas o tubo não está aberto?

Alunos: Tava liberando e não deixa o oxigênio entrar.

P1: E o que estava liberando?

Alunos: Gás carbônico!

P1: Ah... Então você acha que o gás carbônico interfere na chama do fogo ali?

Alunos: Interfere!

Alunos: E se acender de novo? Tipo apagou e acender de novo?

P3: Você está me propondo que mantenha a vela acesa aqui dentro? Posso propor uma maneira diferente? Esse tubo tá aberto. E se ao invés de eu deixar ele aberto eu dividisse ele no meio, colocando uma haste. O que vocês acham que vai acontecer?

Alunos: o oxigênio desce e o gás carbônico sobe.

P3: Vamos ver?

Alunos: Eu não acredito!

P1: Pessoal Observa a fumaça aí! Por que agora não apaga?

Alunos: Porque um lado entra e o outro sai!

P1: O que está entrando e o que está saindo?

Alunos: Ar com oxigênio e ar com gás carbônico.

P1: Agora se eu perguntar pra vocês assim: Tá pegando fogo num local, o que vocês usam pra apagar o fogo?

Alunos: Um extintor.

P1: Qual é o componente do extintor:

Alunos: CO2

P1: O que o extintor faz?

Alunos: Ele impede que o oxigênio chegue ao fogo.

P1: Aí quando estava queimando a vela (...) produz Co2. E aí o que vocês podem me responder por que que a vela apaga? Acabou o oxigênio de dentro do copo?

Alunos: Porque a quantidade de gás carbônico era maior do que a de oxigênio.

P1: Então o CO2 vai sendo produzido e vai ficando em volta da vela, vai abafando não deixa o oxigênio chegar (...) E apaga a vela.

Os alunos tomam as medidas do experimento II.

P1: Gente, o que a gente faz quando a gente tem vários valores e queremos chegar numa média da sala?

Alunos: Soma e divide por quatro.

Alunos: 16,25

P1: Então a média da sala foi 16% de oxigênio no ar.

Os sujeitos discutem em voz baixa.

P1: Pessoal deixa eu falar uma coisa pra vocês. Hoje em dia a gente sabe que a porcentagem não é essa que a gente tem aqui não. A gente sabe que é 21% aproximadamente. Por que a gente não achou 21%? Interfere a questão de erros. Erros que a gente vai acumulando durante o procedimento do experimento. O que aconteceu? A gente demorou para por a esponja de aço ali no tubo, a gente esbarrou, as vezes saiu um pouco de ar pra fora (...) Então vários erros vão somando e chegando ao resultado.

Os sujeitos realizam o experimento III e os alunos observam.

P3: Presta atenção. No primeiro experimento vocês falaram que era sobre o oxigênio, e a gente comprovou que na média aqui é quanto?

Alunos: 16.25%

P3: Então a água estaria ocupando o copo 16.25% se fosse o oxigênio, não é verdade? Mas aqui eu fiz a mesma reação e ela ocupou 16?

Alunos: Mais!

P1: Então vocês podem afirmar que a água ocupa o lugar do oxigênio?

Alunos: Não!

P1: Não, né! Então o primeiro texto que a gente eleu o que o Philo falava? Que ocupava, não é? Então a concepção dele tava errada, por isso que a gente vai ver nos outros textos que surgiu uma necessidade de comprovar isso daí! Outros estudioso vieram pra tentar explicar isso daí.

P3: Então agora pessoal! Então o que aconteceu houve outro estudiosos que tentaram descobrir o que aconteceu.

P1: Pessoal esses estudiosos não tinha a concepção que a gente tem hoje. Toda a matéria era explicada por 4 elementos, terra, ar, fogo e água. Tudo era composto por aquilo lá (...) Só que foi acontecendo uma revolução, eles começaram a se questionar. Como que tudo acontece só com isso? Não pode ser! Aí então surgiu novas pessoas estudando o mesmo experimento que vocês realizaram (...)

Leitura do texto do Priestley.

P3: Ele fez essa marcação em 1775, ele pegava e estimulava a pensar, na nossa respiração ele falava que o ar não era composto por oxigênio, gás carbônico como a gente fala hoje, ele falava que o ar era composto por flogistico e deflogistico (...) Então ele chamava o ar bom que a gente respirava de flogistico e o ar que não era bom pra gente respirar de ar deflogistico.

P1: Ele não sabia falar que era oxigênio e CO2.

P4: Ele chegou na concepção de um ar que era bom pra combustão e um ar que não era bom pra combustão.

P1: Então toda vez que perguntarem por que a vela apagou, o que vocês vão dizer?

Alunos: Por que o CO2 vai proteger a chama e não vai deixar o oxigênio entrar.

P1: E a água? O que vocês observaram quando vocês puxaram o copo?

Alunos: Poc! Vácuo!

P1: Como a gente pode chamar o vácuo?

Alunos: de ar não preenchido.

P1: (...) E por que não estava preenchido?(...) O que tinha lá dentro que não deixava a água entrar? (...)

Alunos: O CO2 queria sair.

P1: Não! Ó tava tudo aquecido (...) Pensa num balão.

Alunos: O gás entra dentro dele e ele vai embora.

P1: Mas que gás? Um gás frio ou um gás quente? Então gás quente é mais leve, não é? Então o que vocês podem pensar que ter haver com gás frio e gás quente dentro do copo, a água e o vácuo?

Alunos: Acabou o calor e a água subiu?

P1: Por que acontece vácuo ali dentro do copo? O ar quente ocupa menos espaço ou mais espaço que o ar frio?

Alunos: Mais espaço. Tem menos pressão dentro do copo do que fora.

P1: Por que tem menos pressão fora do que dentro?

Alunos: Por causa da pressão. O ar vai voltar a ficar pequeno de novo, aí forma vácuo e puxa a água pra dentro.

P1: É isso mesmo!

APÊNDICE B4: Transcrição das gravações em vídeo durante a quarta aplicação da atividade.

Os sujeitos distribuem o material para a realização do Experimento I para todos os grupos.

P1: Pessoal, presta atenção na P2 que ela vai explicar como que vocês vão realizar o experimento.

P2: Óh. Na mesa de vocês, vocês tem um prato com água com a vela e tem um copo. Vocês vão acender agora a vela (...) Agora vocês vão pegar o copo e colocar em cima dessa vela. Quando vocês colocaram o copo, o que vocês observaram?

Alunos: Apaga!

P2: Tá apagou, mas somente apagou? Nada mais aconteceu? (...) Então escrevam o que aconteceu.

P1: Teve grupo que demorou pra por o copo. O que aconteceu, o experimento não aconteceu como um todo. Esse grupo não conseguiu visualizar o que a maioria dos grupo conseguiu, então faz o experimento de novo, fazendo favor.

P2: Anotem tudo o que vocês observaram.

P1: Pessoal. Então oh (..) Ali na transparência vocês vão ver duas questões. Por que a vela apaga. E por que a água sobe? Então cada um vai fazer a sua concepção do porque que a vela apaga e porque a água sobe (...) Se ficou alguma dúvida e quiser repetir o experimento novamente, pode repetir, tá? Fiquem a vontade.

Os alunos escrevem suas hipóteses.

P1: A P4 vai conversar um pouquinho com vocês tá, então presta atenção nela.

P4: Agora uma pessoa do grupo vai explicar a respostas que vocês escreveram.

Alunos: A vela apaga por falta de oxigênio dentro do copo.

P2: Mas aí seria a presença do oxigênio, a falta do oxigênio?

Alunos: Tem a presença dele, mas quando coloca o copo vai ficando sem o ar dentro do copo, porque não entra mais e isso vai fazendo a chama apagar.

P4: A falta de oxigênio então?

Alunos: Isso.

P2: E por que a água sobe?

Alunos: Por causa da temperatura, o aumento da pressão a água sobe?

P2: Então explica isso pra mim. O que acontece com a pressão? Aumenta a pressão?

Alunos: Diminui a temperatura e aumenta a pressão.

P2: Tá, então aumenta a temperatura e diminui a pressão (...) Mais alguma questão que vocês queiram colocar, ou não?

Alunos: O ar diminui e a pressão aumenta.

P2: Aumenta o que a pressão, a temperatura?

Alunos: Diminui a temperatura e aumenta a pressão.

P2: Hum, diminui a temperatura e aumenta a pressão.

Alunos: Tá certo, não tá?

P2: Não Sei... Mais alguma questão que vocês queiram colocar? Ou não?

Silêncio

P2: Vamos ver o outro grupo então. Vocês aqui (apontando para outro grupo de alunos).

Alunos: Vou ler aqui o que ela escreveu: Tipo é quase a mesma coisa das ideias deles. Eu acho que queima o oxigênio da água e o fogo precisa de oxigênio, daí pressionou e a água foi subindo.

P2: Então você acha que a água subiu por que tirou o oxigênio? E por que a vela apagou então?

Alunos: Por falta de oxigênio, por que tampou.

P2: Por falta de oxigênio, pegou o oxigênio da água e a água subiu.

Alunos: Isso.

P2: O outro grupo. Vocês, o que acham? (apontando para outro grupo de alunos).

Alunos: Quando cobre ali, forma uma pressão ali dentro e essa pressão fez a água subir.

P2: interessante. E vocês moços aí do fundo (apontando para outro grupo).

Alunos: Ah, na 1 ali por que a vela apaga, nos colocamos que é porque acaba o oxigênio. Aí na 2 nos colocamos que a água sobe porque acaba acabando o oxigênio e forma uma pressão, daí puxa a água.

P2: Então, a maioria dos grupos aqui, né, deu pra ver que acha que a água sobe por causa da pressão. E tem várias ideias aí né! Um grupo acha que consome o oxigênio, por isso que a vela apaga, o outro acha que tira o oxigenio da água.

P1: Antes de vocês responderem qualquer coisa, olha aqui pra mim rapidinho (P1 vai até o quadro e escreve a fórmula química da água H2O).

P1: O que é isso daqui?

Alunos: H2O

P1: O que é H2O?

Alunos: É a água

P1: Vocês acham que é possível romper essa ligação facilmente? Içou meio confuso, a gente não entendeu o que vocês queriam falar. Repete de novo o grupo que tinha falado isso.

Alunos: Pela pressão e a falta de oxigênio pra queimar a vela as moléculas de oxigênio da água queimou junto... sustentou o fogo da vela. Foi que apagou e subiu a água.

P1: Então você está falando que é o oxigênio dissolvido na água, ou é o oxigênio dá água?

P2: Não, ele quis dizer que no interior do copo todo o oxigênio foi consumido e ainda o oxigênio que estava dentro da água. Por isso que a água também subiu.

P1: Vocês concordam com ele?

P3: Pode falar gente, por que você concorda ou não?

Alunos: Na minha opinião, a resposta dele está errada, porque se você acender a vela, vai sugar toda a água que tem dentro do copo? Se tiver muita água vai acabar toda água?

P1: Então entre os grupos, tentem chegar numa resposta só.

Os grupos discutem e refazem o experimento.

P1: Vamos lá pessoal. Esse grupo aqui falaram que não concordam mais com que o outro grupo falou. Então, eles vão falar a ideia deles tentando convencer que a ideia deles é mais adequada.

Alunos: Então, a gente acendeu a vela aí apagou porque faltou oxigênio, faltou oxigênio dentro do copo, a água subiu porque aumentou a pressão da água e ela foi pra dentro do copo, por que faltou dentro temperatura e por fora diminuiu.

Alunos: A água não pelo aumento da temperatura dentro do copo, porque não vai diminuir porque é fogo a temperatura dentro do copo iria aumentar. Eu acho que pela falta de oxigênio dentro do copo a água subiu com o aumento da pressão e aí absorveu o oxigênio que está dentro do copo na água.

P1: E se eu te falar que não tem como eu quebrar isto daqui (apontando para fórmula química da água desenhada no quadro). Não tem como eu romper isso daqui em oxigênio e hidrogênio como você está falando. Por que pra mim romper eu preciso exercer uma força muito grande, não tem como.

Alunos: Então a água complementou o espaço do oxigênio que queimou e a água complementou o espaço. Deu uma pressão que puxou.

P1: Ah tá, vamos ver se eu entendi a ideia de vocês. A primeira pergunta é que o oxigênio acabou mesmo e a segunda você ta falando que a água entra porque ela tá ocupando o lugar do oxigênio.

Alunos: Isso ela entra pra complementar espaço.

P1: Vocês ouviram o que ele falou? O que vocês acham?

Silencio.

P1: O nome do nosso minicurso não é reação de combustão em recipientes fechados? Não é isso? O que é uma reação pra vocês?

Alunos: É quando você mistura as coisas e muda.

P1: Isso é uma transformação. Vocês estão no caminho certo. Vamos lá. O que vocês acham?

Alunos: A gente concorda com eles.

P1: O colega tá falando aqui que a ideia de vocês não é plausível, agora o primeiro grupo vai tentar convencer o outro por que a sua ideia é mais adequada, vamos lá.

Novamente os grupos discutem e refazem o experimento.

P1: Pessoal, o grupo 1 aqui falaram que eles conseguiram formular uma hipótese que vai convencer toda a sala e que a hipótese deles é a correta.

Alunos: Então a vela apaga por falta de oxigênio dentro do copo, e por fora do copo como a temperatura tá maior, faz com que a pressão da água entre no copo por isso que a água vai pra dentro, por que a pressão de fora é muito maior do que a de dentro, porque dentro diminuiu o oxigênio.

P2: Que grupo que discorda com ela?

P1: Aqui o grupo 3 falando que discorda. Por que você discorda?

Alunos: Tá errado!

P1: Por que?

Alunos: Por que quando a vela acaba o copo fica quente. Acho que não diminui a pressão, porque continua subindo a água quando a vela apaga.

P1: Vou fazer uma pergunta agora pra vocês. O ar quente e o ar frio, qual é o mais leve? Pensa num balão. Tem um balão subindo. De repente deu um problema no motor que esquenta o balão, o que vai acontecer?

Alunos: vai esfriar e cai cair.

P1: Então, quando o ar tá quente, as moléculas lá dentro tá acontecendo o que? Elas estão bem agitadas, tudo bem? Então quando acabou o fornecimento de calor, o que acontece? O meu balão vai cair. Vai murchando e vai perdendo altura.

P1: Quando então eu diminuo a temperatura, aumenta ou diminui a pressão?

Alunos: Diminui!

P1: Então por que vocês estão... Óh pensa, pensem na relação do balão com a vela. O que você observaram? A água começa a entrar quando?

Alunos: Quando o fogo apaga.

P1: A água começou a entrar quando o fogo apagou?

Alunos: Não!

Os alunos novamente discutem suas hipóteses.

P3: Pessoal, então a gente vai ver a conclusão geral que a gente tem sobre o porquê a água sobe. Pode falar a opinião de vocês.

Alunos: Por que a água sobe?

P3: Por que a água sobe.

Alunos: Por que assim... conforme a temperatura de dentro do copo aumenta as moléculas ficam agitadas. Aí quando a temperatura começa a diminuir as moléculas começa a normalizar ali dentro. Aí quando o fogo apaga ali dentro a pressão daqui de fora é maior do que lá dentro e isso a água começa a entrar.

P2: Todo mundo concorda com ele?

P1: Então chegou numa ideia geral. Então vou pedir pra vocês o que vocês poderiam sugerir como experimento pra manter a chama da vela acesa.

Alunos: Faz um furo no copo. Não vai ter tanta pressão.

P3: Pessoal, ele falou que pra manter a vela acesa tem que ter no copo um furo, porque assim vai entrar mais oxigênio, certo? Então eu tenho esse vidro aqui vazado. Eu vou colocar uma vela e vou colocar esse vidro em cima, o que vocês acham que vai acontecer?

Alunos: Vai ficar acesa!

P3: Será que vai ficar acesa?

Os professores realizam o experimento.

P1: Prestem atenção no experimento e depois a gente vai dar um tempinho pra vocês discutirem.

Alunos: Apagou!

P1: Escreve aí no papel.

Alunos: A entrada é muito pequena então não dá tempo de chegar na vela.

Alunos: O gás carbônico apaga o fogo e como queima a vela ele sobe e ocupa o espaço do tubo e não permite que o oxigênio entre.

P1: Por enquanto não é pra vocês ficarem discutindo, escreve no papel a ideia de vocês.

Os alunos discutem e escrevem suas hipóteses.

P3: Olha, vocês escreveram a conclusão? A gente utilizou o tubo aberto conforme vocês tinham falado e mesmo assim a vela apagou. Eu gostaria de saber a opinião de vocês.

Alunos: O gás carbônico ocupa um espaço no tubo e não permite que o oxigênio entre.

P3: Por que eu coloquei aqui e apaguei.

Alunos: Esse cilindro aí. Se fosse uma boca maior que nem aquele cilindro lá, com certeza ela se manteria acesa.

P3: Então vamos fazer lá. (usando um tubo largo sobre a vela).

P3: Então com esse mesmo tubo aqui (cilindro mais fino), como eu faço pra manter a vela acesa?

Alunos: Assopra aí dentro!

P3: Será?

Alunos: E se a vela for maior?

Os alunos testam suas hipóteses.

P3: Pessoal agora é o seguinte eu quero ouvir a opinião de vocês.

Alunos: A vela menor apaga, por que ela libera gás carbônico e o oxigênio não entra.

P3: E qual é a maneira deu manter essa vela acesa?

Alunos: Colocar uma vela maior, porque daí ela vai liberar o gás carbônico e vai ficar lá embaixo e vai dar tempo do oxigênio entrar.

P3: Vocês concordam com a ideia deles?

Alunos: Se tiver oxigênio mais rápido dá tempo de entrar e o fogo não apagar, substituindo o gás carbônico.

P3: Então vocês me sugerem que eu tente colocar oxigênio lá dentro fazendo uma corrente de ar. Então ele tá supondo que a gente deve colocar uma corrente de ar lá dentro pra manter a vela acesa.

Alunos: Eu acho que não tem como, porque até o oxigênio chegar o gás carbônico já bloqueou e ela apaga.

P3: O grupo ali do fundo teve uma ideia legal, eles falaram em separar o ar. Se eu colocar essa haste, será que a vela apaga? (realiza o experimento novamente com uma haste de metal dentro do tubo). Eu vou colocar um incenso e vocês vão observar a fumaça.

Alunos: Tá entrando.

P3: Vamos colocar do outro lado agora.

Alunos: Tá saindo. Entra oxigênio e sai gás carbônico.

P3: Entenderam a ideia? Então se de um lado, entra aqui, do outro lado vai sair. Só que essa passagem não pode ter muito ar, tem que ser um ar normal, se for um ar muito grande, vai apagar. Agora a gente vai ver essa teoria que vocês estão vendo. A gente vai ler uns textos com vocês pra vocês entenderem por que vocês fizeram esse experimento.

Leitura dos textos históricos.

P3: Vocês Lembram da primeira concepção de vocês que a gente perguntou por que o fogo apaga? Vocês me falaram o que? Que o oxigênio tinha acabado, e a água tinha ocupado o lugar do oxigênio. Is*so no séc. II* antes de Cristo. O mesmo pensamento de vocês. Agora existe um outro chamado Priestley ele era do ano de 1775, nesta época acreditava-se que o ar não era feito de oxigênio hidrogênio e gás carbônico o ar era uma coisa só. E que só existiam os quatro elementos, fogo terra, água e ar. E que tudo que a gente conhece era formado por esses quatro elementos. Por exemplo, para eu ter a lama eu tinha que misturar terra e água.

Leitura do texto histórico de Priestley.

P3: Eles não entendiam que o oxigênio bom que fazia a chama acender era oxigênio eles simplesmente chamava o ar de flogístico e o ar que apagava a chama de deflogístico. Hoje vocês sabem que o ar que acende a chama é o oxigênio e o ar que apaga é o gás carbônico.

Leitura do texto histórico de Lavoisier.

P3: O que ele tá dizendo com relação ao volume. Lembra o que você me disseram quando a água sobe? Nessa época ele não entendia essa ideia de pressão. Então o que ele sabia, ele sabia que a água ocupava a pressão lá dentro que tava o que? Ela tava diminuindo, menor do que a de fora, era esse o pensamento que Lavoisier tinha na época de 1776. E é esse daqui que é o ar que ele fala com relação pra apagar a vela, que diminui seu volume da chama por causa do gás envolvente que era o Co2 que a gente acabou de comprovar, que era o fogístico e o deflogístico. Olha o ano 1776, desde agora a concepção dela ainda não mudou, todo mundo acha que a vela apaga por que o oxigênio apaga. Mas ela apaga por que o gás carbônico faz o isolamento lá na vela. E a água entra por causa da pressão que diminui de dentro que é maior do que a de fora por causa das moléculas lá dentro. Entenderam a ideia?

APÊNDICE C1: Transcrição da entrevista ao sujeito P1 gravada em áudio ao final de todo o processo.

Pesquisador: Como era, ou seja, quais eram as principais características do modelo de ensino no qual você foi formada?

P1: Eu tinha uma ideia de sequencia. E não relacionava muito sequencia. Por exemplo, se fosse pegar uma aula, eu não tinha noção, por exemplo, de como montar o experimento, se era antes ou após, por exemplo, usar o experimento como situação problema, ou para de repente fixar como uma avaliação no final então eu não tinha esse discernimento eu não tinha uma ideia de como estruturar... é... a minha aula.

Pesquisador: E com relação ao modelo no qual você foi educada, tanto na faculdade, como no ensino médio?

P1: Então... Aquele modelo bem tradicional sabe? Tipo... E não mudou aqui na graduação, com relação a outras disciplinas fora esta disciplinas. Foi aquela coisa bem formal, o professor sempre falando deixando pouco espaço para o aluno participar. Então eu acho isso também influenciou muito na minha maneira no início, de atuar como professora também.

Pesquisador: Quais são, em sua opinião, os principais pontos positivos e negativos deste modelo?

P1: Então, negativo é que ele não estimulava argumentação discussão em sala que eu acho que é muito importante para o desenvolvimento do aluno não só em questão de conteúdo, mas no desenvolvimento pessoal, em questão de desenvoltura por ter práticas além do ambiente escolar. Agora positivos... A talvez assim... Era uma forma mais organizada do professor de repente conduzir a sala... coisa que talvez hoje fica mais difícil. Mas agora em questão de conhecimento sinceramente hoje, com tudo que eu aprendi, eu não acho aquele modelo ideal, então eu não aplicaria mais. Mas... O lado positivo seria essa questão da disciplina, essa seria a palavra.

Pesquisador: Agora, depois das construções das atividades do minicurso, você percebe algum conflito entre este modelo tradicional e o modelo de ensino que para você seria ideal?

Sim! Eu mudei totalmente! Vou dar um exemplo, pode ser?

Pesquisador: Pode.

P1: A gente tava montando uma aula de orgânica. Eu sempre aprendi que você tinha que aprender todas as funções, pra depois você caracterizar as propriedades de cada função. Eu como profissional hoje eu não começaria assim. Eu já começaria com as propriedades e a partir do que o aluno

assimilasse o porquê de cada característica eu aplicaria a parte de função. Entendeu? Então é totalmente diferente do que era antes.

Pesquisador: Com relação ao modelo de ensino tradicional que a gente comentou antes, você está satisfeita com ele ou não?

P1: É então... Eu fico totalmente insatisfeita. Tanto é que quando eu assisto aulas... eu fico com vontade de falar: Não tem que ser assim!

Pesquisador: É possível/desejável mudanças no modelo de ensino tradicional para sua atuação?

P1: Sim, tanto que eu já comecei a dar aulas e as minhas aulas são totalmente diferentes do que eram quando os meus professores ministraram para mim. É lógico que está começando ainda, você sente muita dificuldade. Mas com certeza eu vou acatar muitas coisas que eu aprendi aqui.

APÊNDICE C2: Transcrição da entrevista ao sujeito P3 gravada em áudio ao final de todo o processo.

Pesquisador: Na sua opinião, as modificações construídas durante o minicurso funcionaram?

Funcionaram! Exatamente por que além da gente ter um respaldo teórico. Além de ter essa parte teórica, que é óbvio que todo profissional tem que ter ele tem que estar estruturado numa sequencia, numa sequencia didática, porque eu acho que passar o conteúdo por passar, pro aluno eu acho que não funcionaria. Então isso a gente pega com o tempo eu acho que é questão de experiência... isso que foi o legal de repetir o mesmo minicurso. No primeiro minicurso é... eu assisti os vídeo né... e assim eles gostaram foi nítido, deu pra perceber, por que eles participaram, só que no segundo eu como professora lá no momento senti que eles participaram muito mais, isso é sinal que eu como profissional, cresci entendeu? Então foi bem satisfatório.

Pesquisador: Você ainda sente necessidade de fazer modificações neste teu modelo de ensino?

Sim , se eu fosse aplicar eu faria outras modificações. É por exemplo... talvez eu não faria tantos experimentos por que aconteceu isso no ultimo dia, foi muito mais proveitoso com certeza pro aluno é... em questão de conhecimento, ele adquiriu muito mais com a discussão, foi muito legal, rolou uma discussão entre os grupos, então por exemplo, num grupo tinha uma concepção e num outro grupo, outra, então rolou um papo tipo de eles discutirem entre eles.E a gente como profissional ali observando tudo. Foi muito legal, não só pra eles, mas pra gente mesmo, sabe?

Pesquisador: Se estas futuras modificações não funcionarem, você pretenderá, mesmo assim, pensar em por em prática novas modificações?

P1: Talvez eu não voltaria o que era anterior, eu colocaria outro experimento. Eu acho que não é proveitoso nem pra mim nem pro aluno ficar voltando pra algo que eu já testei, acho que tem que ser algo diferenciado.

APÊNDICE C3: Transcrição da entrevista ao sujeito P2 gravada em áudio ao final de todo o processo.

Pesquisador: Como era, ou seja, quais eram as principais características do modelo de ensino no qual você foi formada?

Bom... ensino fundamental e médio foi todo em escola particular. Tinha aula teórica, tinha aula de laboratório. O material apostilado era excelente.

Pesquisador: Quais são, em sua opinião, os principais pontos positivos e negativos deste modelo?

É aquela coisa... você fica condicionado a só decorar com o objetivo de passar no vestibular aí o pensar mesmo, usar todo o conhecimento adquirido fica na faculdade quando você tem que se virar sozinho né.

Pesquisador: Agora, depois das construções das atividades do minicurso, você percebe algum conflito entre este modelo tradicional e o modelo de ensino que para você seria ideal?

Sim eu concordo com essa linha investigativa que a gente trabalhou no minicurso... Pra gente pensar mesmo o que está ocorrendo na situação, não só ir lá e decorar a reação de combustão e pá né... tipo mentalizar o que está acontecendo mesmo assim... ligar aquela equação com a atividade bem na prática mesmo.

Pesquisador: Com relação ao modelo de ensino tradicional que a gente comentou antes, você está satisfeita com ele ou não?

Ah sim, sempre! Eu pretendo mudar, e o objetivo mesmo é o aprendizado e a consequência do aprendizado vai sem o ingresso do aluno na faculdade.

Pesquisador: Na sua opinião, as modificações construídas durante o minicurso funcionaram?

Primeiro ponto eu acho que sim, porque era novidade, agora, todas as aulas serem naquele esquema eu acho que não iria funcionar. Eu acho que seriam algumas aulas só. Por que cai na rotina e desvia muito o foco por que aí vai cair naquele oba oba, sabe todo dia é um experimento diferente, aquela rotina diferente, eu ainda considero o giz e lousa fundamental. Eu teria mais segurança com giz e lousa na aula normal.

Pesquisador: Você ainda sente necessidade de fazer modificações neste teu modelo de ensino?

Não, eu acho que o jeito que a gente fez foi satisfatório, não vejo a necessidade de fazer nenhuma modificação.

ANEXO A: Material construído pelo grupo de pesquisa.

SEMANA DE INCLUSÃO CIENTÍFICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO

UNESP/ BAURU

Material de apoio utilizado durante o minicurso: "Contribuições Históricas para a compreensão da combustão em recipientes fechados: Um simples experimento da queima de uma vela com inúmeras implicações históricas e científicas".

Rodrigo José Cristiano Gazola[1] – rjgazola@yahoo.com.br
Nathalia Rother da Cruz[2] – nathaliarotherdacruz@hotmail.com
Vanessa de Oliveira Marcato[2] – Vanessa.marcato@hotmail.com
Paula Monique Chiconi de Picoli[2] – Monique_picoli@hotmail.com

[1]mestrando - Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – UNESP/Bauru

[2]graduanda – Departamento de Química – Faculdade de Ciências – UNESP/Bauru

Introdução:

A proposta deste experimento foi pensada usando os princípios do Ensino por Investigação. Nesta metodologia é muito importante que os estudantes façam as observações diretas do experimento, que formulem suas hipóteses, e que possam testá-las, isso é tão importante quanto "chegar à resposta correta". A mediação deve ter por objetivo orientar o trabalho dos estudantes, esperando o amadurecimento de suas ideias, sem, entretanto responder prontamente suas questões.

O experimento (série de experimentos) pode ser aplicado de forma demonstrativa, na qual o professor realiza o procedimento em sua mesa para os estudantes observarem, ou oferecendo a cada grupo que monte seus próprios experimentos. Nas duas situações é importante que o experimento seja repetido algumas vezes para que haja boas condições de observação.

<u>Cuidados !!:</u> Fazer o experimento apenas com água e recipiente de vidro alto o suficiente para não encostar na chama da vela. Nunca usar líquido inflamável! Recipientes de plástico poderão queimar se ficarem em contato com a vela, e mesmo os recipientes de vidro devem ser mantidos a pelo menos a 3 cm de distância para não quebrarem pelo aquecimento localizado.

Lista de Materiais para as atividades:

Experimento 1: Combustão da vela em um recipiente fechado.

i) 01 vela
ii) 01 copo de vidro
iii) 01 prato de vidro
iv) 200 ml de água

Experimento 2: Oxidação da palha de aço.

8 5g de esponja de aço “Bombril”
9 02 estantes para tubo de ensaio
10 01 prato de vidro pequeno
11 01 pinça
12 40 ml de solução de ácido acético 25% (vinagre)
13 01 proveta de 25 ml
14 01 proveta de 50 ml
15 01 caneta para marcar vidro
16 01 tubo de ensaio
17 100 ml de água

Experimento 3: combustão de álcool em um recipiente fechado.

- 01 chumaço de algodão embebido em álcool
- 01 prato fundo
- 01 copo americano de vidro
- 200 ml de água
- 01 suporte de arame para o algodão

Experimento 4: Combustão da vela em recipiente aberto

- Velas;
- Tubo de vidro de extremidades abertas

- Pequena base de metal, madeira,
  nylon ou PVC

- Lâminas de metal em forma de T;
  Incenso.

Experimento 5: Transposição dos experimentos de Priestley, (1775).

- 100 ml de ácido acético 25%

- 100 ml de Peróxido de Hidrogênio 10%
- 50 g de Bicarbonato de Sódio
- 100 ml de Hipoclorito de Sódio

Texto 1: Uma Breve História Sobre Velas.

A descoberta do fogo sem dúvida foi um marco no desenvolvimento da espécie humana. Da pré-história até os dias de hoje o homem utilizou o fogo de diversas formas possíveis, uma delas para a iluminação. Assim encontramos nosso objeto de estudo, a vela. A vela nem sempre se apresentou da forma como a conhecemos, relatos históricos afirmam que a primeira vela era feita de gordura animal e seu pavio de fibras vegetais. As civilizações foram se aprimorando, já na Grécia e no Egito por volta de 3.000 a.c encontraram velas em forma de bastão. Na idade média as velas passaram a ter outra função além de iluminar, passaram a ser utilizadas como artigo de decoração em festas religiosas e em grandes eventos sociais. Como sua matéria prima era gordura animal, quando queimava liberava odores desagradáveis e muita fumaça. Surgiu então a necessidade de aprimorar as técnicas de produção e buscar novos materiais A cera de abelha apresentava-se como uma boa opção, mas a cera das colméias não era suficiente para atender a toda a demanda da época.

Por muitos anos as velas foram consideradas artigo de luxo, somente a classe mais provida de recursos tinha a oportunidade de adquirir este objeto. Produzidas por artesãos tanto de sebo como de cera, eram dispostas em castiçais de madeira e prata e vendidas por altos preços.

No século XIX, houve a introdução da iluminação a gás, expandindo o acesso à iluminação para a população mais pobre com a redução dos preços das velas possibilitando que estes pudessem adquirí-las para o uso em suas casas. Em 1811, um químico francês chamado de Michel Eugene Chevreul descobriu que a gordura animal, sebo, não era uma substância única, mas apresentava em sua composição dois ácidos graxos (gordurosos) que combinados com glicerina formavam um material não-inflamável. Chevreul retirou a glicerina da mistura obtendo uma substância mais dura que o sebo e que queimava por mais tempo, a esta o nome de"Esterine”. Em 1825, novos pavios começaram a ser desenvolvidos e as mechas de algodão foram substituídas pelo pavio enrolado, como conhecemos hoje. Essa mudança de estrutura da vela proporcionou que a chama se tornasse uniforme e regular, ao invés de desordenada; característica dos pavios de algodão antes utilizados.

Da exploração do petróleo iniciada em 1830, obteve-se como subproduto a parafina, que por ser mais dura que o sebo, passou a ser utilizada na produção das velas. Em 1854, a parafina e o esterine de Chevreul, foram combinados para fazer velas muito parecidas com as que utilizamos hoje (CLARO, 2004).

Texto 2: Philo de Bizâncio e o e o experimento da queima de uma vela em recipiente fechado.

No século II a C, o engenheiro grego, escritor e cientista, Filo de Bizâncio, foi provavelmente o primeiro a relatar a experiência de queimar uma vela dentro de um vaso invertido parcialmente imerso na água, o resultado é bem conhecido, depois de a chama se apaga, a água aumenta em nível no interior dos recipiente. Philo descreveu essa experiência em seu trabalho, Pneumática. Vejamos a explicação de Philo para o fenômeno:

> *"Isso provará que não pode haver lugar vazio de ar ou de qualquer outra entidade. Despeje água em um vaso raso, no meio do vaso faça algo para prender um castiçal e colocar uma vela. Vire uma ânfora de modo que seu orifício encoste na água e que a vela fique o centro do orifício da ânfora. Aguarde e logo, você verá a água do vaso subir pela ânfora. Isso só pode acontecer pelo motivo que já dissemos, que o ar aprisionado na ânfora desaparece, se desgasta e some, por causa da presença da chama, não pode existir com ela, e desaparece. Assim como o que vimos acontecer no sifão, o ar se vai, dissolvido pelo fogo, e é por isso que a água sobe e enche o lugar que ficou vazio. Veja, a figura". (PHILO DE BIZÂNCIO, sec. II aC, apud VAUX, 1902 p.127, tradução nossa)*

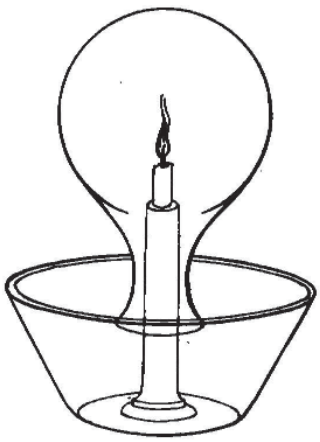


Figura 1: Montagem experimental de Philo de Bizâncio (Vaux, 1902)

Embora essa explicação seja incorreta e possa parecer ingênua para os tempos modernos, era uma explicação razoável no tempo de Filo, que tinha por base a teoria clássica grega dos quatro elementos da matéria. Philo também sabia e dominava os efeitos da temperatura sobre a expansão dos gases, como demonstrado pelas suas explicações detalhadas sobre o funcionamento de muitas máquinas.

Texto 3: Descobrindo o Oxigênio.

Do que é feito o fogo? Mas afinal, o que é o fogo?

A combustão e o seu controle foi um fator preponderante para o desenvolvimento de toda civilização humana, desde os primeiros ancestrais do ser humano até os dias atuais.

O aprimoramento das técnicas de obtenção e de controle da combustão está intimamente relacionado ao desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade. Desde a antiguidade clássica até os tempos atuais, o conceito de combustão e calor, passou por uma série de mudanças evolutivas. Segundo Bachelard:

> *"... é talvez o fenômeno que mais preocupou os químicos. Por muito tempo, acreditou-se que decifrar o enigma do fogo era decifrar o enigma central do universo." (BACHELARD, 1983, p.166)*

Os pré-socráticos tratavam o fogo como sendo um elemento essencial da natureza. Este seria um princípio que deveria estar presente em todos os momentos da existência de todas as coisas, um princípio pelo qual tudo vem a ser. Para Platão (c.428-c.348), defensor da concepção quaternária da Natureza (a explicação para a constituição das coisas era a da combinação dos quatro elementos fundamentais), o fogo se relacionava com o tetraedro, um dos cinco poliedros regulares propostos por Pitágoras de Samos (c.560-c.480). Somente a partir do século XVI, quando se deu início a "Revolução Científica" (KOYRÉ, 1939), a teoria dos quatro elementos da matéria começou a ser questionada e outros cientistas começaram a estudar o fenômeno da combustão mais a fundo. O precursor da teoria moderna sobre a combustão e a existência do oxigênio foi Priestley, que partiu de princípios menos elaborados sobre a composição atmosférica, mas que refutava a ideia grega dos quatro elementos. Nas palavras de Priestley:

> *"Mas o mais notável de todos os tipos de ar que tenho produzido por este processo é, um que é de cinco ou seis vezes melhor do que o ar comum, para o propósito da respiração, inflamação e, creio eu, todos os outros usos do ar atmosférico comum. Acho que tenho provas suficientes de que a síntese de ar para respiração depende da sua capacidade para receber o flogisto exalado dos pulmões, esta espécie não pode ser chamado impropriamente, ar deflogisticado" (PRIESTLEY, 1775, p.387, tradução nossa).*

Neste momento a teoria do flogisto, que defendia a existência de um principio

Através de intensas investigações repetindo os experimentos de Priesley entre os anos de 1775 a 1780, Lavoisier estava convencido de que o ar de Priesley era o princípio ativo da atmosfera. Realizando vários experimentos brilhantes, Lavoisier mostrou que o ar contém cerca de 20 por cento de oxigênio e que a combustão é devida a combinação de uma substância combustível com o oxigênio. Ficou demonstrado também a importancia do oxigênio na respiração.

Em 1789, Lavoisier batizou a substância de oxigênio, nome que vem da palavra grega e significa "formador de ácido", porque ele acreditava que todos os ácidos continham oxigênio, o que mais tarde provou-se não ser verdade. Nas palavras de Lavoisier:

> *"Temos visto que o ar da atmosfera é composto principalmente de dois fluidos aeriformes ou gasosos, um respirável, capaz de sustentar vida de animais, em quais os metais são calcinados e os corpos combustíveis podem queimar, o outro, de propriedades absolutamente opostas, que os animais não podem respirar, que não pode sustentar a combustão, etc. Nomeamos a porção de ar respirável o nome de oxigênio, derivando de duas palavras gregas όξύς, ácido, γείνομαι, formador, porque na verdade uma das propriedades mais gerais deste elemento é a de formar ácidos através da combinação com a maioria das substâncias[...]sua gravidade neste estado é quase exatamente meio "grain poids de marc" por centímetro cúbico, ou uma onça por pé cúbico e meio, todos em 10 graus de temperatura e 28 polegadas do barômetro (LAVOISIER, 1789, p. 245, tradução nossa)."*

Texto 4: Lavoisier e o experimento da Vela.

Conforme podemos observar, a evolução do conceito de combustão estava intimamente ligada a explicação dos fenômenos relacionados a combustão de uma vela em um recipiente fechado, a maioria dos filósofos e cientistas que dedicavam seu tempo ao estudo da combustão possuía alguma explicação para os fenômenos que aconteciam neste experimento. Como é de se esperar, juntamente a uma explicação elaborada sobre a combustão e a composição atmosférica também temos uma explicação mais elaborada para o experimento, vejamos o que disse Lavoisier sobre este experimento:

> *"Quase todos os que se dedicam a experiências sobre a combustão de velas, percebem que há uma diminuição considerável do volume de ar durante a combustão: para que se prove isso, basta realizar uma experiência muito simples, porém está longe de ser conclusiva. Coloca-se uma vela acesa sobre um prato de borracha, e se põe em cima um recipiente: observa-se que a vela se apaga e depois de muito pouco*

> *tempo, quando os recipientes se esfriam, que o recipiente fica aderido ao prato; esse efeito somente pode existir se o volume do ar de dentro do recipiente, depois da combustão, for menor do que tínhamos anteriormente a combustão; porém não se presta atenção ao fato de que não se pode colocar um recipiente sobre a vela sem que o ar do mesmo seja aquecido e no instante em que ele se aproxima da vela e inclusive antes de apoia-lo sobre o prato; assim, o ar quente fica confinado dentro do recipiente, e diminui de volume ao resfriar-se, não é nenhuma surpresa que o recipiente permaneça aderido ao prato quando a chama apaga e o sistema se resfria. (LAVOISIER, 1776, p. 184, tradução nossa)."*

Podemos observar que Lavoisier tinha uma concepção melhor dos fenômenos relacionados a combustão de uma vela dentro de um sistema fechado, apesar de apresentar ainda uma concepção distorcida sobre a formação de ácidos.

Texto 5: A História Química de uma Vela

Ao longo da história muitos nomes ilustres dedicaram parte de seu tempo em busca da compreensão dos conceitos envolvidos em um simples fenômeno cotidiano, a combustão de uma vela. Sem dúvida, devemos a Michael Faraday (1791-1867) reconhecimento pelas inúmeras contribuições de sua obra "A história Química de Uma Vela". Nela Faraday (1860) propõe uma série de experimentos esclarecedores que tornam possível a compreensão do mecanismo de combustão da parafina em uma vela. Faraday (1860) averigua que para que ocorra a combustão da parafina, esta, primeiro deve se encontrar no estado gasoso. Nas palavras de Faraday:

> *"Vou arranjar um tubo cuidadosamente na chama, e se fomos capazes, com um pouco de cuidado, fazer com que esse vapor passe através do tubo até a outra extremidade, onde vamos acendê-lo e obter absolutamente a chama da vela num local distante a partir dela. Agora, veja isso. Não é uma bela experiência? Trata-se de produção de gás - por isso, nós podemos realmente acender uma vela! E vê-se que há claramente dois tipos diferentes de ação - um a produção do vapor, e outro a combustão dele - ambos os quais ocorrem em determinadas partes da vela." (FARADAY, 1860, p.47, tradução nossa)*

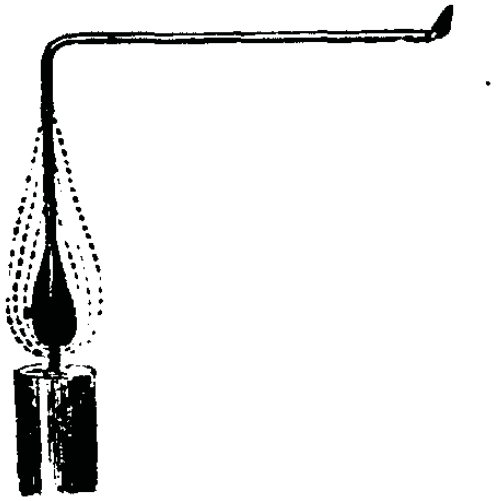


Figura 1: Montagem Experimental proposta por Faraday (1860), para a investigação da combustão de uma vela.

Texto 6: A Convecção.

Ao acender uma vela, é comum passarmos a mão sobre sua chama e verificar que há um fluxo de ar ascendente aquecido. Este fato está relacionado à transmissão de calor por convecção térmica. A convecção térmica é o processo de transmissão de calor em que a energia térmica se propaga através do transporte de matéria, devido a uma diferença de densidade e a ação da gravidade.

Este processo ocorre somente com os fluidos, isto é, com os líquidos e com os gases, pois na convecção térmica há transporte de matéria. Por exemplo, quando aquecemos um líquido numa chama, as camadas inferiores, ao se aquecerem, ficam menos densas e sobem, por causa do empuxo, ao mesmo tempo em que as camadas superiores mais frias e densas, descem por ação da gravidade. Assim, formam-se as correntes de convecção, fazendo com que as partes quentes se misturem continuamente com as partes frias, até que o líquido fique todo aquecido por igual. Podemos então, estudar este fenômeno através do experimento 4.

Quando acendemos uma vela e a tapamos com um copo, conforme observamos no experimento 1, a vela se apaga em pouco tempo. Muitos relacionaram o fenômeno com a extinção do oxigênio contido no recipiente, e afirmam que para manter a chama acesa é necessário oxigênio, portanto, quando o oxigênio dentro do copo é consumido completamente pela chama a vela se apaga (ver texto 2, Philo de Bizâncio). Mas e se colocarmos um tubo de vidro aberto sobre a vela, o que acontece? E o que este experimento teria a ver com a quantidade de oxigênio disponível para a combustão e as correntes de convecção citadas anteriormente?

Considerações Finais:

Percebemos, através da realização da atividade, que a maioria das pessoas trazem consigo concepções ingênuas acerca da combustão em recipientes fechados, e que essas concepções muito se assemelham aos estudos históricos iniciais sobre fenômeno (Philo de Bizâncio). É possível que tal fato possa ocorrer porque durante o processo ensino formal, a ciência é tratada de forma imutável, ou seja, como se fosse constituída única e exclusivamente de verdades absolutas. Porém como podemos observar a ciência está longe de se constituída de afirmações absolutas, ela é um processo contínuo de transformações conceituais, cada vez mais elaboradas.

A seguir, apresentamos alguns conceitos mais atualizados para a explicação dos fenômenos envolvidos durante a realização da atividade.

Por que a água sobe?

R1: Deve haver uma diminuição da pressão no interior do recipiente enquanto a vela está acesa, e principalmente também (repare) um pouco depois que ela se apaga. Então a pressão atmosférica externa aplicada na superfície do líquido faz com que este seja empurrado de fora para dentro do recipiente, pela diferença entre a pressão externa (maior) e a interna (menor).

Surge aí outra questão:

O que motiva a redução da pressão dentro do vidro ?

R2: Veja que a entrada da água (e a redução da pressão) inicia-se lentamente enquanto a vela está acesa, e fica mais forte logo que ela se apaga.

- Esta redução não é ocasionada pelo simples aquecimento do ar atmosférico que está em volta da chama da vela, mesmo antes de que seja colocado o recipiente ao seu redor. Portanto quando a vela se apaga dentro do recipiente, o ar que está em volta da chama volta a se contrair causando a diferença de pressão e “sugando” a água (LAVOISIER, 1776, p. 184). Explicando: Pela equação de Clapeyron:

$$pV = nRT \qquad (1)$$

Como o volume interno fica constante, se o número de moles *n* também ficar, com a diminuição da temperatura devemos ter uma diminuição da pressão. A tendência então é que a água entre no recipiente.

Será que todo oxigênio do recipiente é consumido?

R3: Esta é uma hipótese bem plausível, que muitos professores também sugeriram, já que a vela se apaga. Mas será que ao apagar a vela, a chama consumiu todo oxigênio interno? Essa hipótese pode ser testada tentando acender, por meios externos, outra chama no interior do recipiente, ou mesmo até ocasionando uma reação de oxidação (reação de metais com oxigênio) dentro do recipiente em que se realizou a combustão. Uma das maneiras é deixar junto com a vela uma resistência feita com esponja de aço (tipo "Bombril"), ligada a um conjunto de pilhas ou bateria externa (3 a 6 volts). Observa-se que após a vela ter apagado, é possível acender o bombril pela passagem de corrente através deste. A observação do bombril após o experimento nos permite concluir que houve oxidação (mostrando que havia ainda oxigênio dentro do vidro).

Referências:

BACHELARD, G. **Epistemologia**. Ed. Rio de Janeiro (1983): Zahar Edit. p. 166.

CLARO, A. **A história das Velas**. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2003-2/iluminacao_artificial/historiadasvelas.htm>. Acesso em: 30/05/2012

FARADAY M., **The Chemical History of A Candle**. Ed. Chatto e Windus, 1908 (1860).

KOYRÉ, A. **Études galiléennes**. Paris: Hermann, 1939

LAVOISIER, A.L. **Memoire sur la combustion dês chandelles, en Oeuvres de Lavoisier**, 1864 (1776), p. 184**.** Imprimerie Imperiale: Paris

LAVOISIER, **Traité élémentaire de chimie**, 1864 (1789), p. 245. Disponível online em: <http://www.lavoisier.cnrs.fr/ice/ice_book_detail-fr-text-lavosier-Lavoisier-89-6.html>. Acesso em: 20/05/2012.

PRIESTLEY, J. **An Account of Further Discoveries in Air.** Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1683-1775 (Vols. 66-177). p.387. Disponível online em: <http://www.jstor.org/stable/106209?seq=1> Acesso em: 20/05/2012.

VAUX, C. (tradutor). Les Pneumatiques de Philon de Byzance. **Tiré de Notices Et extraits des manuscrits de la bibliothéque nacionale et authes bibliothéques**, tome XXXVIII, Imprimerie nationale, Paris, 1902, p. 127. Disponível online em : <http://www.archive.org/stream/lelivredesappar00philgoog#page/n141/mode/1up>. Acesso em: 26/05/2012.