

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**QUÍMICA E CIDADANIA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO  
DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS  
INVESTIGATIVAS**

**Ricardo Castro de Oliveira**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Educação e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação: área de concentração Processos de Ensino e Aprendizagem.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Alice Helena Campos Pierson**

**Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vânia Gomes Zuin**

**São Carlos – São Paulo**

**2009**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

O482qc

Oliveira, Ricardo Castro de.

Química e cidadania : uma abordagem a partir do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas / Ricardo Castro de Oliveira. -- São Carlos : UFSCar, 2009. 138 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Química - estudo e ensino. 2. Experimentação. 3. Cidadania. I. Título.

CDD: 373 (20<sup>a</sup>)

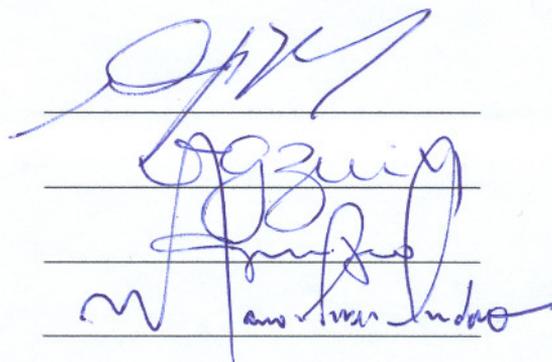
**BANCA EXAMINADORA**

Profª Drª Alice Helena Campos Pierson

Profª Drª Vânia Gomes Zuin

Prof. Dr. Antonio Aprigio da Silva Curvelo

Prof. Dr. Marcos Pires Leodoro



Handwritten signatures of the exam board members, corresponding to the names listed on the left. The signatures are written in blue ink on a white background with horizontal lines. The first signature is for Alice Helena Campos Pierson, the second for Vânia Gomes Zuin, the third for Antonio Aprigio da Silva Curvelo, and the fourth for Marcos Pires Leodoro.

**A mente que se abre a uma nova idéia  
jamais voltará ao seu tamanho original.**

**Albert Einstein**

**À minha mãe Celia, meu pai  
Oswaldo e meu irmão Gustavo pelo carinho e  
apoio em todos os momentos da minha vida.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar força e coragem para que pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais Celia e Osvaldo e meu irmão Gustavo, que sempre batalharam para o meu sucesso e a toda minha família.

À Mônica e toda família, pelo carinho e companheirismo em todos os momentos.

Às professoras Dr<sup>a</sup>. Alice Helena Campos Pierson e Dr<sup>a</sup>. Vânia Gomes Zuin pela dedicação e orientação.

Ao Gustavo Gibin e Rodrigo Savignano pela ajuda durante a realização do curso, aos alunos que participaram voluntariamente do minicurso e a todos os amigos que colaboraram na minha caminhada.

Aos professores Dr. Marcos Pires Leodoro, Dr. Antonio Aprigio da Silva Curvelo e Dr<sup>a</sup>. Karina Lupetti e pelas contribuições apresentadas.

Ao programa de Pós-Graduação em Educação da UFSCar pelas contribuições e a CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos professores Dr. Luiz Henrique Ferreira e Dr. Dácio Rodney Hartwig pelos ensinamentos e pela convivência durante todos esses anos.

Ao grupo LENAQ pelo carinho e apoio recebido durante esses anos de convivência, em especial aos amigos Ana Carla, Ana Cláudia, Gustavo, Mônica, Reinivaldo, Roberta, Sidilene, Luiz Henrique e Massami.

Aos amigos do curso de Licenciatura em Química da UFSCar do ano de 2002.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo investigar a contribuição das atividades experimentais investigativas no desenvolvimento do processo de tomada de decisão e formação cidadã dos alunos. A coleta de dados se deu por meio da aplicação de um minicurso de 40 horas para uma turma de alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma Escola Pública do Município de São Carlos, localizada no Estado de São Paulo. O tema discutido foi combustível e as atividades experimentais investigativas estavam relacionadas à gasolina, ao álcool e ao biodiesel. Antes da realização dessas atividades, o pesquisador promoveu debates dentro da perspectiva de Educação em Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Para a análise dos dados, solicitou-se que os alunos registrassem por escrito os procedimentos adotados durante cada atividade, além da filmagem e anotações realizadas pelo pesquisador. A partir da análise dos resultados, constatou-se que o uso de atividades experimentais por meio da abordagem investigativa aliada à realização dos debates auxiliou os alunos no processo de tomada de decisão em situações sócio-científicas controversas, indispensável no desenvolvimento da cidadania. Essas atividades contribuíram em vários aspectos para a formação dos alunos, tais como no desenvolvimento de habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais, proporcionando aos alunos o reconhecimento da Ciência como uma atividade humana em permanente construção.

**Palavras-chave:** Ensino de Química, Atividades Experimentais Investigativas, Cidadania.

## ABSTRACT

The goal of this study was to investigate the contribution of investigative experimental activities in the development of decision-making process and students' citizen formation. The data collection was made during a short course of 40 hours with high school first year students of a public school at São Carlos city, São Paulo state. The subject fuel was discussed and the investigative experimental activities were related to gasoline, ethanol and biodiesel. Before the accomplishment of these activities, the researcher promoted discussions about education perspective in Science-Technology-Society (STS). Aiming the data analysis, it was requested to students write their procedure proposition to each activity. In addition, the researcher filmed the class and took notes. Based on the analysis of results, it was possible to verify that the use of experimental activities through the investigative approach coupled with the discussions helped the students in the decision-making process about socio-scientific controversies situations, which is essential in the development of citizenship. Moreover, these activities contributed in various aspects of the students' formation, such as the development of conceptual, procedural and attitudinal skills, giving to students more accurate view of science, in other words, a view of science as a human activity in permanent construction.

**Keywords:** Chemistry Teaching, Investigative Experimental Activities, Citizenship

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis de investigação no laboratório de Ciências .....	22
Tabela 2: Planejamento do minicurso. ....	39
Tabela 3: Participação dos alunos no experimento 1.....	64
Tabela 4: Participação dos alunos no experimento 2.....	78
Tabela 5: Participação dos alunos no experimento 3.....	88
Tabela 6: Participação dos alunos nos experimentos. ....	108
Tabela 7: Categorias relacionadas à participação.....	109

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Broche do grupo ambientalista responsável pela manifestação contrária às plantações transgênicas de soja no Brasil. ....	94
---	----

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE QUÍMICA .....</b>	<b>8</b>
1.1. Experimentação no ensino de Química .....	8
1.2. Abordagem experimental tradicionalmente encontrada no Ensino de Química.....	11
1.3. Algumas críticas às atividades experimentais tradicionalmente encontradas.....	13
1.4. Atividades Investigativas no Ensino Experimental de Química .....	16
<b>CAPÍTULO 2. O ENSINO DE QUÍMICA NA FORMAÇÃO DO CIDADÃO.....</b>	<b>25</b>
2.1. Cidadania e Educação .....	25
2.2. Alfabetização científica e o movimento CTS.....	31
<b>CAPÍTULO 3: QUESTÃO DE PESQUISA E METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
3.1 Questão de Pesquisa .....	35
3.2. Objetivo Geral .....	35
3.2.1. Objetivos Específicos .....	35
<b>3.3. Procedimentos Metodológicos.....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
4.1. Resultados e Discussão.....	42
4.1.1. Primeiro Encontro (28 de julho de 2008).....	42
4.1.2. Segundo encontro (29 de julho de 2008).....	45
4.1.3. Terceiro encontro (30 de julho de 2008) .....	65
4.1.4. Quarto encontro (31 de julho de 2008).....	78
4.1.5. Quinto encontro (primeiro de agosto de 2008).....	89
4.2. O uso do RPG como estratégia de Avaliação.....	89
4.3. Avaliação do curso pelos alunos.....	100
4.4. Considerações Finais.....	103
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>110</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>112</b>

**APÊNDICES..... 119**

Dinâmica das caixinhas

Álcool combustível

Resumo referente ao álcool

Como obter álcool a partir do caldo de cana?

Questionário do álcool

Gasolina

Resumo referente à gasolina

Como determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina coletada de um posto?

Questionário da gasolina

Biodiesel

Resumo referente ao biodiesel

Como produzir biodiesel a partir do óleo de soja?

Questionário do biodiesel

Avaliação do curso pelos alunos

Ficha de caracterização dos personagens do RPG

## Introdução

A Química desempenha um papel essencial na nossa vida. Está presente em tudo que nos cerca, como as roupas, os alimentos, os eletrodomésticos, os cosméticos, os medicamentos, entre outros. Dessa maneira, o seu conhecimento possibilita que o indivíduo participe ativamente da sociedade, seja no julgamento ou na tomada de decisões em prol do bem-estar da população (SANTOS E SCHNETZLER, 1996).

No entanto, para que ocorra a participação do indivíduo na sociedade, é necessário que o professor promova uma vinculação entre o conteúdo escolar e o contexto no qual o aluno está inserido, como propõem diversos autores, entre eles Paulo Freire (1996) e Chassot (1993).

O que se observa, em geral, é que a escola não está conseguindo aproximar o conteúdo escolar da realidade do aluno. O ensino da Química supervaloriza alguns aspectos dentro de um contexto específico de sala de aula, fornecendo a impressão de sua utilidade apenas no ambiente escolar. Conteúdos como propriedades periódicas, nomenclatura de compostos químicos, uso de fórmulas e cálculos excessivos ganham destaque nas propostas curriculares e pouca (ou nenhuma) atenção se dá a aspectos importantes para a formação cidadã, como por exemplo, as relações sociais, ambientais, políticas, econômicas e culturais relacionados ao conteúdo estudado. Não que as informações conceituais não tenham importância, o fato é que se elas forem trabalhadas sem essa vinculação, perdem o sentido da sua aplicação.

Outro problema vinculado ao ensino se refere à abordagem utilizada. Em geral, os alunos recebem passivamente um conjunto de informações prontas e sua função é memorizá-las visando a aprovação para a série seguinte ou a aprovação no vestibular. De acordo com Schnetzler e Aragão (1995, p.27) “o ensino tradicional concebe que para ensinar basta saber um pouco de conteúdo específico e utilizar algumas técnicas pedagógicas”. Tal compreensão contribui para a transmissão de uma imagem distorcida da Ciência (GIL-PÉREZ, et al. 2001).

A preocupação em relação ao ensino de Química é evidenciada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e, posteriormente, no PCN+ que foi introduzido para complementar os PCNs. Esse documento expressa que:

A Química pode ser um instrumento da formação humana, que amplia os horizontes culturais e a autonomia, no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (PCN+, 2002, p.115)

Um aspecto importante no ensino de Química e discutido nos PCNs se deve à experimentação. No entanto, o documento apresenta críticas relacionadas à maneira como esse recurso é utilizado atualmente. De acordo com o PCN+, as atividades experimentais devem permitir que os alunos participem da construção do conhecimento, desenvolvendo a curiosidade, o hábito de questionar, entre outros. Além desses aspectos, outros fatores devem ser levados em consideração durante a realização da atividade experimental. Segundo os PCN+,

As questões propostas devem propiciar oportunidade para que os alunos elaborem hipóteses, teste-as, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e sobretudo o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido. Os caminhos podem ser diversos e a liberdade para descobri-los é uma forte aliada na construção do conhecimento individual. As habilidades necessárias para que se desenvolva o espírito investigativo nos alunos não estão associadas a laboratórios modernos, com equipamentos sofisticados. Muitas vezes, experimentos simples, que podem ser realizados em casa, no pátio da escola ou na sala de aulas, com materiais do dia-a-dia podem levar a descobertas importantes. (PCN+, 2002, p.71).

O documento em questão apresenta algumas estratégias importantes para a realização das atividades mencionadas, tais como identificar as principais informações a serem utilizadas e propor procedimentos para a solução de um problema. Nessa perspectiva, o aluno assume o papel central no processo de construção do conhecimento.

O uso de atividades experimentais no ensino é antigo. Gaspar e Monteiro (2005) apontam que tais atividades foram difundidas nas escolas entre a metade do

século XIX e a metade do século XX. Nesse período, os aparelhos e vidrarias de laboratórios apresentavam custo elevado e os experimentos, em sua maioria, eram realizados pelo professor de maneira demonstrativa. De acordo com Mathias apud Sicca (1990):

As experiências, sob forma de demonstração, eram realizadas em sala de aula, para que os alunos pudessem entrar em contacto com fenômenos químicos, mas, nesta época, no Ginásio do Estado, havia um laboratório equipado, onde eram realizadas as demonstrações. (MATHIAS, apud SICCA, 1990, p.25)

Na década de 60, as atividades experimentais ganharam destaque nos currículos de Ciências. Tal fato foi motivado por diversos fatores, tanto de cunho político quanto educativo (DE JONG, 1998). Um fato importante que influenciou diretamente no ensino de Ciências foi o lançamento do Sputnik pelos soviéticos em 1957. Este episódio marcou o início da disputa pelo espaço, tendo de um lado os soviéticos e do outro os Estados Unidos, as duas grandes potências mundiais da época. O lançamento do primeiro satélite pelos soviéticos fez com que os Estados Unidos incentivasse a formação de novos cientistas com o intuito de superar a tecnologia soviética. Para tanto, o currículo de Ciências nas escolas foi reestruturado para atender tais necessidades.

De Jong (1998) aponta como outro fator importante na mudança dos currículos de Ciências, a conscientização de que o seu ensino deveria englobar além dos conceitos e leis, a natureza da Ciência, caracterizada fortemente pela presença de atividades experimentais. Além disso, o autor aponta o fato de que tais atividades poderiam colaborar para diminuir a distância entre o ensino secundário e o universitário. De acordo com Krasilchik (1988)

[...] a preparação de quadro de especialistas de alto nível que nas universidades, laboratórios e indústrias pudessem se engajar no processo de produção e do avanço das fronteiras do conhecimento era e continua sendo uma meta típica dos currículos escolares, principalmente pré-universitários (KRASILCHIK, 1988 p.56).

Diante da corrida dos países desenvolvidos rumo ao desenvolvimento tecnológico, tornou-se indispensável o investimento na preparação de jovens para atuar nos diferentes setores, como laboratórios, indústrias, etc. Nesse período, vários projetos

foram publicados, entre eles Biological Science Curriculum Study (BSCS) e o Chemical Education Material Study (CHEMS). Tais projetos foram utilizados em diversos países. O Brasil adotou alguns livros, inclusive um derivado do projeto CHEMS, cuja denominação se deu por “Química – uma Ciência experimental”. Um dos problemas encontrados nesses projetos se refere à visão que apresentavam sobre a Ciência. De acordo com esses materiais, a observação se constituía a base da construção do conhecimento científico (GONÇALVES, 2005).

Um marco a ser destacado no ensino de Ciências se deu por volta da década de 60, na qual surgiu uma proposta de ensino experimental fundamentada na tese empirista-indutivista, denominada de aprendizagem por descoberta. No entanto, a sua essência era semelhante aos projetos mencionados anteriormente, uma vez que apresentava a concepção de que a observação por si só garantia um conhecimento objetivo e confiável. No entanto, como aponta Gonçalves (2005):

Entender que os alunos sejam capazes de “descobrir” por meio da observação alguma teoria, é uma maneira ingênua de compreender a aprendizagem e a construção do conhecimento científico. Precisamos destacar que as observações não ocorrem no “vácuo teórico”, pois as teorias orientam o que e como observar. O aluno não pode observar de forma fundamentada, se está teoricamente despreparado (GONÇALVES, 2005, p.13)

O pressuposto de que a observação se constitui a base da construção do conhecimento científico é criticado por diversos autores, como por exemplo, Chalmers (1993). É importante ressaltar o fato de que a observação isolada não pode ser utilizada para a obtenção de dados seguros, uma vez que ela é subjetiva e está diretamente relacionada com as experiências vividas pelo indivíduo. É fácil compreender essa afirmação através do seguinte exemplo: Imagine que um dia um jovem esteja fugindo de uma forte tempestade e encontra um abrigo debaixo de uma árvore. Durante a tempestade, um raio atinge a árvore e provoca algumas queimaduras nele. Agora imagine uma outra situação: um jovem que passa os melhores momentos da sua vida debaixo de uma árvore. Ao serem questionados sobre o significado da árvore, ambos apresentarão visões completamente distintas, apesar de estarem focando o mesmo objeto. Esse exemplo ilustra como uma observação é subjetiva e o quanto é dependente de nossas experiências. Hodson (1988) também critica o papel da

observação na obtenção de dados objetivos e confiáveis. Segundo o autor, ao enfatizar a observação, muitos currículos de Ciências avaliam de maneira inadequada as relações entre os experimentos, teorias e observações.

De acordo com Barrón (1993), a aprendizagem por descoberta se volta para a resolução de problemas, na qual a comprovação de hipóteses assume um papel central no processo. O autor elenca alguns princípios dessa aprendizagem:

- Todo ser humano é dotado de potencial natural para descobrir o conhecimento;
- O resultado da descoberta é uma construção intrapsíquica inovadora;
- A identificação do problema é o ponto de partida para a aprendizagem por descoberta;
- O grau de descoberta é inversamente proporcional ao grau de pré-determinação do processo resolutivo, ou seja, uma vez de posse dos procedimentos a serem utilizados, este deixa de se constituir um processo de descoberta.
- A comprovação de conjecturas é o aspecto central na aprendizagem por descoberta.

Um ponto a ser destacado nessa abordagem de ensino se deve à participação ativa dos alunos. No entanto, essa participação não leva necessariamente em consideração alguns aspectos essenciais no processo de construção do conhecimento, como por exemplo, as idéias prévias dos alunos. Hodson (1988) argumenta que a valorização excessiva dos processos em relação aos conceitos implica em um modelo indutivista da Ciência, contribuindo, de acordo com a visão de Gil-Pérez (2001) para uma “imagem distorcida” da Ciência.

Barrón (1993) elenca algumas visões provenientes da aprendizagem por descoberta, entre elas:

- Concepção empirista do conhecimento, na qual se enfatiza a observação.
- Reduccionismo cientista da concepção, encarando os alunos como indivíduos que realizam as atividades de maneira semelhante aos cientistas;
- Concepção individualista do conhecimento;
- Concepções mecanicistas da aprendizagem por descoberta.

Barrón (1993) salienta que a utilização de atividades experimentais por meio do método da descoberta como aplicação do método científico ocasionou

pensamentos inadequados e incorretos, tais como: a crença de que os alunos realizam as atividades da mesma maneira que os cientistas; e a crença na inviabilidade de aplicar esse método no ensino primário, uma vez que os alunos ainda não apresentam um pensamento formal apropriado.

É importante destacar que a aprendizagem por descoberta apresentou pontos positivos, como por exemplo, a participação ativa dos alunos no processo de construção do conhecimento. Essa característica foi mantida no desenvolvimento de outras propostas, como as construtivistas. No entanto, tal aprendizagem apresentou problemas, seja ao desconsiderar os conhecimentos prévios dos alunos ou na transmissão de uma “imagem distorcida” da Ciência, segundo a visão de Gil-Pérez (2001). A aprendizagem por descoberta foi abandonada aos poucos e deu lugar a outras propostas, como as tradicionalmente encontradas nos materiais de apoio e as construtivistas, que serão discutidas no capítulo um.

Diante da importância que as atividades experimentais representam no ensino de Química, esta pesquisa apresenta como objetivo analisar a contribuição das atividades experimentais de caráter investigativo no desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, característica essencial na formação cidadã. A coleta de dados se deu por meio da realização de um minicurso referente a combustíveis. A escolha dessa temática estava relacionada à forte atenção destinada ao assunto pelos meios de comunicação sendo, portanto, um tema atual e em alguns aspectos polêmicos. Aliado a esse fator, o tema está fortemente relacionado à realidade regional da produção de biocombustível, a partir da cana de açúcar.

Os alunos selecionados pertenciam ao primeiro ano do ensino médio, e a escolha desses estava relacionada ao fato de ainda não terem aprendido os conceitos trabalhados durante o minicurso. No entanto, ressalta-se que a abordagem aqui apresentada pode ser trabalhada em qualquer nível de ensino, desde o fundamental até o ensino superior.

Apenas oito alunos participaram do minicurso, embora 32 tenham manifestado interesse. O baixo índice de participação se deu à greve dos professores das escolas públicas ocorrida nesse período. Sendo assim, apenas uma escola foi contatada. Esse contato foi realizado por intermédio do coordenador pedagógico da

escola que mantinha vínculo com o programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Dessa maneira, a divulgação foi possível. Um dado importante a ser mencionado se referiu à participação dos alunos, pois não houve desistências durante o minicurso.

É importante salientar que a tomada de dados para análise dos resultados não se ateve apenas aos relatos escritos pelos alunos, mas também aos relatos orais e as diferentes situações vivenciadas pelos mesmos durante o minicurso, como por exemplo, nos debates, nas dinâmicas de grupo, e na realização de um jogo de interpretação de papéis (*Role Playing Game - RPG*). O RPG foi uma ferramenta utilizada no intuito de averiguar como os alunos utilizaram os conhecimentos provenientes das atividades experimentais investigativas na resolução de situações problemáticas que se aproximam dos problemas reais.

O capítulo 1 deste trabalho aborda a experimentação no ensino de Química. Dentro dessa temática, discute-se a abordagem experimental tradicionalmente encontrada nos materiais de apoio e a abordagem investigativa. Nessa discussão, são apresentadas as características que identificam cada proposta.

O capítulo 2 apresenta uma discussão referente ao ensino de Química na formação do cidadão. Nele são apresentadas questões importantes, como a formação do cidadão, a importância da alfabetização científica e o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

O capítulo 3 apresenta a questão de Pesquisa a ser investigada, assim como os objetivos do trabalho. Além disso, mostra a metodologia empregada e o cronograma do minicurso utilizado para a coleta de dados.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussão das atividades desenvolvidas durante o minicurso, tais como os debates, a realização das atividades experimentais de caráter investigativo e o RPG. Para facilitar a discussão, os dados foram analisados por encontro.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões sobre a presente pesquisa.

## Capítulo 1. Atividades experimentais no Ensino de Química

Só quando o próprio aluno tiver realizado uma experiência, feito as suas observações, e avançado conclusões sem saber a resposta de antemão, será capaz de perceber o que é a ciência.

Helen Pilstrom

### 1.1. Experimentação no ensino de Química

A experimentação é um dos principais recursos didáticos utilizados no ensino de Ciências. De acordo com Hodson (1988) quando se fala em experimentação, é necessário promover a distinção entre experimentos para a Ciência e experimentos para o ensino de Ciências. Enquanto os primeiros são movidos no intuito de desenvolver teorias, o segundo apresenta uma série de funções pedagógicas. De acordo com o mesmo autor, a experimentação para o ensino deve ser conduzida de forma a se atingir objetivos pedagógicos bastante claros para o professor. Tal preocupação também está presente nos PCNs do Ensino Médio:

Deve ficar claro aqui que a experimentação na escola média tem função pedagógica, diferentemente da experiência conduzida pelo cientista. [...] qualquer que seja a atividade a ser desenvolvida, deve-se ter clara a necessidade de períodos pré e pós-atividade, visando à construção dos conceitos. Dessa forma, não se desvinculam 'teoria' e 'laboratório'. (PCN, 1999, p.36).

Um aspecto importante salientado pelos PCNs e fundamental no Ensino de Ciências é a vinculação entre a teoria e a prática. A sua fragmentação, como ocorre habitualmente, contribui para a transmissão de uma visão empobrecida e “distorcida” sobre a Ciência, além de se tornar um obstáculo para a aprendizagem (GIL-PÉREZ, 1999).

Alguns aspectos importantes, tais como o desenvolvimento de habilidades como a proposição de hipóteses, a observação, o registro, a análise, o concluir e refletir sobre o próprio conhecimento deveria nortear o planejamento dos experimentos. Por isto é importante que o professor escolha o experimento de acordo com seus objetivos

e modifique, se necessário, o que se propõe na atividade. Dessa maneira, é razoável compreender a experimentação como um recurso que auxilia no desenvolvimento de conceitos fundamentais para a Ciência. Para Lima e Marcondes (2005) “as atividades experimentais devem ser planejadas para facilitar o desenvolvimento conceitual e gerar interesse pela Ciência”.

Um aspecto importante discutido por diversos autores se refere aos objetivos da experimentação. Para Hodson (1994), as atividades experimentais podem ser utilizadas com as seguintes finalidades: motivar os alunos (mediante a estimulação do interesse e diversão); para ensinar técnicas de laboratório; intensificar a aprendizagem de conhecimentos científicos; proporcionar uma idéia sobre o método científico e o desenvolvimento de habilidades em sua utilização e para desenvolver atitudes científicas.

Outros objetivos também estão presentes no trabalho apresentado por Galiazzi et al. (2001) que realizaram uma investigação coletiva sobre os objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio, na visão de alunos do curso de formação inicial em Química. Entre os principais estão: aprender conceitos científicos por meio da prática; ver a teoria através da prática; melhorar a aprendizagem da teoria; desenvolver a observação; desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo; desenvolver o raciocínio, etc.

No entanto, alguns objetivos são questionáveis. O principal deles se refere à motivação, muito difundida pelos professores. De acordo com Galiazzi e Gonçalves (2004), alguns estudos revelam que tal motivação não ocorre. Segundo ela,

Essa idéia presente no pensamento dos professores está associada a um conjunto de entendimentos empiristas de Ciência em que a motivação é resultado inerente da observação do aluno sobre o objeto de estudo. Isto é, os alunos se motivam justamente por “verem” algo que é diferente da sua vivência diária, ou seja, pelo “show” da ciência. (GALIAZZI, 2004, p.328)

O ensino experimental deve ser utilizado como instrumento que auxilia a construção e aprendizagem de modelos e conceitos, e não apenas como fator motivacional (BARBOSA, 1999).

Embora reconhecida como importante no ensino de Química, a experimentação é um recurso didático pouco explorado pelos professores. Segundo Borges (2002a), as justificativas por não se utilizar esse espaço são sempre as mesmas: falta de tempo, número excessivo de alunos por sala, problemas de estrutura física, entre outros.

É importante ressaltar, no entanto, que a não realização dos experimentos por parte dos professores envolvem outros aspectos a serem mencionados, como problemas administrativos, econômicos e a deficiência na formação inicial dos professores.

De acordo com Maldamer (2000), os professores não estão preparados para atuarem em laboratórios de ensino dentro da realidade das escolas brasileiras. Isso se deve ao distanciamento existente entre a formação inicial e a atuação profissional do professor. De acordo com o autor, os currículos são estruturados visando uma formação técnica, ou seja, um técnico especialista ou um profissional pesquisador. Pouca importância se dá aos cursos de formação de professores, isso porque muitos acreditam que para ensinar, basta possuir o conhecimento químico. Entretanto, como aponta Maldamer (2000)

Isso não acontece porque a ação pedagógica é muito mais complexa e não admite a simplicidade de uma solução técnica, algo possível para os sistemas químicos trabalhados nos cursos universitários (MALDAMER, 2000, p. 177).

Outro fato apontado por Maldamer (2000) que contribui para a deficiência de formação dos professores se deve à falta de conexão entre os conteúdos químicos. Em geral, as aulas práticas caminham independentes das aulas teóricas, o que contribui para que os futuros professores mantenham essa visão durante a sua prática. Em alguns casos, professores que lecionam a mesma disciplina dentro de uma escola não se comunicam, não promovendo a conexão entre os conteúdos.

A falta de tempo dos professores é outro fator relevante a ser mencionado. Muitos professores acabam procurando outros postos de trabalho na busca da “sobrevivência financeira”, ou ainda, ministrando aulas em diferentes estabelecimentos de ensino. Dessa maneira, não há tempo disponível para elaboração de novas atividades. Além disso, Maldamer (2000) aponta que fatores administrativos

impedem, muitas vezes, a criação de melhores condições de trabalho para os professores, o que dificulta a sua atuação.

## **1.2. Abordagem experimental tradicionalmente encontrada no Ensino de Química**

As propostas de atividades experimentais tradicionalmente encontradas são caracterizadas pela apresentação de um roteiro pré-determinado, passo a passo, onde o docente ou texto determina o que e como fazer (aquecer, filtrar, pesar, etc.).

Nesse tipo de abordagem, o professor é o principal responsável no processo de construção do conhecimento, assumindo a responsabilidade de apresentar as estratégias e os caminhos a serem adotados durante a atividade. Ribeiro, Freitas e Miranda (1997) elencam algumas características e vantagens das atividades experimentais tradicionalmente encontradas:

- Os roteiros experimentais são bem definidos quanto aos procedimentos a serem adotados;
- Propiciam a aprendizagem de habilidades procedimentais;
- Auxiliam na aprendizagem dos conteúdos conceituais ministrados na sala de aula;
- Permite a superação de alguns problemas administrativos, tais como o elevado custo de reagentes e vidrarias, pouco material disponível, número de alunos por sala, entre outros.

Além disso, se trabalhadas adequadamente, as atividades experimentais podem desenvolver outras habilidades importantes, tais como o desenvolvimento do espírito cooperativo, interpretação de dados, construção de gráficos e tabelas, familiarização com técnicas laboratoriais, entre outras.

Borges (2002a) elenca a participação dos alunos em pequenos grupos como outra vantagem das atividades experimentais, pois “possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir com as montagens e instrumentos específicos, enquanto divide responsabilidades e idéias sobre o que devem fazer e como fazê-lo”. Outra

vantagem apontada pelo mesmo autor se refere ao caráter mais informal do laboratório em comparação à sala de aula, o que possibilita maior interação entre os alunos e entre os alunos e o professor.

De acordo com Ribeiro, Freitas e Miranda (1997), o uso de atividades experimentais por meio de roteiros se torna uma ferramenta útil num primeiro contato dos alunos com o laboratório, uma vez que não estão familiarizados com esse espaço. Além disso, como apontam os autores, tais atividades auxiliam os alunos na construção de conceitos e procedimentos laboratoriais importantes, que podem ser utilizados em outras propostas de ensino.

As atividades experimentais tradicionalmente encontradas podem ser realizadas pelos alunos, ou pelo professor de maneira demonstrativa. Segundo Gaspar (2005), alguns fatores favorecem o uso de atividades experimentais de demonstração em sala de aula, tais como: a possibilidade de ser realizada com poucos equipamentos e na ausência de laboratórios, custo elevado de reagentes e equipamentos, periculosidade de alguns objetos (uso de fogo, objetos cortantes, substâncias corrosivas, etc), tempo disponível, possibilidade de ser realizada simultaneamente a apresentação teórica, além dos fatores de motivação ou interesse pelo conhecimento que tais atividades despertam nos alunos.

Outro tipo de proposta se refere às atividades experimentais envolvendo simulação. Segundo Guillermo et al. (2005), a simulação é uma representação, através de um modelo, de determinados objetos, sistemas ou fenômenos. Esse tipo de experimento apresenta grande utilidade na aprendizagem, uma vez que explica um fenômeno que não pode ser reproduzido pelos alunos em sala de aula, como por exemplo, o princípio de funcionamento dos fogos de artifício, o funcionamento de uma estação de tratamento de água e esgoto, entre outros.

Outros tipos de atividades experimentais, como aquelas que envolvem a construção de tabelas, gráficos e o controle de variáveis são importantes no desenvolvimento cognitivo dos alunos. É importante salientar que um experimento pode ser modificado para atender a determinados objetivos.

### 1.3. Algumas críticas às atividades experimentais tradicionalmente encontradas

Segundo Hodson (1988), as atividades experimentais tradicionalmente encontradas são utilizadas na maioria das vezes para dar sustentação a um modelo verificacionista de Ciência. Diante disso, uma prática muito comum é a sua utilização como forma de provar que uma determinada teoria está correta. Para Galiuzzi e Gonçalves (2004), a idéia de que a experimentação tem um caráter de comprovação da teoria ocorre porque alunos e professores apresentam visões simplistas de experimentação, baseadas em uma visão de Ciência neutra, objetiva, progressista e empirista.

De acordo com Gil-Pérez et al. (2001), as “visões distorcidas” sobre a Ciência apresentadas pelos professores acabam sendo transmitidas para os alunos e dificultam o entendimento da Ciência como processo em permanente construção e que está intimamente relacionado com a tecnologia e a sociedade. Entre as principais visões deformadas, os mesmos autores destacam:

- Visão empírica, indutivista e ateorica: enfatiza a importância da observação e da experimentação “neutra” na construção do conhecimento, além de ignorar o papel das hipóteses e de outras teorias na orientação da pesquisa.
- Visão rígida, exata e infalível: essa idéia mostra que o conhecimento científico se dá através de um conjunto de etapas a seguir, como acontece no ensino experimental tradicional de Química. Além disso, a visão que se tem é que a Ciência é uma verdade absoluta.
- Visão não-problemática e ahistórica: esse pensamento dá a idéia de transmissão dos conhecimentos já elaborados, sem levar em consideração os problemas que deram origem a ele, a sua construção, os problemas encontrados, etc. Além disso, não leva em consideração que a construção do conhecimento é algo histórico, que vem sendo construído de geração em geração.
- Visão individualista e elitista: a idéia que se tem é de que o conhecimento científico é proveniente de gênios, ignorando assim o trabalho coletivo. Além

disso, apenas as pessoas que detêm melhores condições financeiras podem adquirir conhecimento e equipamentos para tais descobertas.

- Visão neutra: os alunos e professores, em geral, não levam em consideração as relações existentes entre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Desse modo, acabam transmitindo uma imagem descontextualizada da atividade científica.

Essas “visões distorcidas” (Gil-Pérez, 2001) influenciam diretamente no desenvolvimento das atividades experimentais de Química. A apresentação de um roteiro pré-determinado, por exemplo, fornece idéias equivocadas a respeito da construção do conhecimento científico. Como aponta Carrascosa (2006), esse fato reforça a visão de uma Ciência rígida, algorítmica e fechada. Além disso, em geral, as atividades experimentais não apresentam um problema a ser investigado e nem se discute o seu interesse e a sua relevância social, contribuindo para a transmissão de uma imagem descontextualizada e socialmente neutra da Ciência. Sendo assim, as atividades experimentais quando conduzidas nessa perspectiva acabam transmitindo uma imagem empobrecida da atividade científica, dando a idéia de uma Ciência pronta e que sua construção se dá a partir de procedimentos pré-existentes nos laboratórios de pesquisa.

Outro aspecto relacionado ao caráter de comprovação dos experimentos se refere aos resultados obtidos. Quando o aluno não atinge o resultado esperado e percebe que existe a possibilidade de ser punido com a perda de nota, este altera os resultados com o intuito de se aproximar do resultado desejado. Tal pensamento também ocorre por parte de alguns professores, que deixam de realizar um experimento porque o mesmo não atingiu o resultado esperado em ocasiões passadas (BORGES, 2002a).

Além disso, como salienta Azevedo (2004), os alunos não têm nenhum poder de decisão no processo de construção do conhecimento. É o professor que detém e transmite os conhecimentos aos alunos, que os recebem de maneira passiva. O professor deve evitar esta forma de abordagem da experimentação, pois

invariavelmente o experimento conduzido desta forma não leva a resultados satisfatórios de aprendizagem.

De acordo com Carrascosa et al. (2006), quando se concebe a experimentação como simples atividade de manipulação, esta deixa de apresentar muitos aspectos fundamentais para a construção do conhecimento.

Para Hodson (1988), os livros textos ao apresentarem guias detalhados dos experimentos ajudam a sustentar a visão de que o caminho para a construção do conhecimento científico é determinado, simples e definido segundo os experimentos. Araújo e Abib (2003) criticam as propostas de atividades experimentais contidas nos livros didáticos:

Ao contrário do desejável, a maioria dos manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para auxílio do trabalho dos professores consistem ainda de orientações do tipo 'livro de receitas', associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino, restrita a demonstrações fechadas e laboratórios de verificação e confirmação da previamente definida, o que sem dúvida, está muito distante das propostas atuais [...] (ARAÚJO E ABIB, 2003, p.177).

As atividades experimentais com tal abordagem não permitem aos alunos a sua participação efetiva no processo de construção do conhecimento. Pouca (ou nenhuma) oportunidade é dada ao aluno no processo de elaboração de hipóteses, interpretação e discussão dos resultados, o que inviabiliza o aparecimento de habilidades importantes. De acordo com Lima e Marcondes (2005):

[...] as atividades experimentais quando realizadas, têm como objetivo verificar conceitos já lecionados, se tornando meramente uma coleta de dados, não levando em conta a interpretação dos resultados, não tendo características de um processo investigativo e não fazendo aflorar alguns objetivos educacionais do processo cognitivo: 'conhecer, compreender, aplicar, analisar, sintetizar e avaliar. (LIMA E MARCONDES, 2005, p.01).

De acordo com Tamir e Garcia (1992), diversos estudos mostram que o trabalho prático geralmente não alcança os objetivos pedagógicos devido à falta de oportunidade dada aos alunos para aprender os conhecimentos e as habilidades referentes a esses objetivos. Thomaz (2000) também critica a estrutura das propostas de atividades experimentais tradicionalmente encontradas, argumentando que as mesmas não oferecem oportunidades para o desenvolvimento de habilidades

importantes que auxiliem os alunos a atuarem de maneira mais científica na sociedade como profissionais e cidadãos.

#### **1.4. Atividades Investigativas no Ensino Experimental de Química**

O uso de atividades investigativas vem ganhando destaque no ensino de Ciências nos últimos anos (GIL-PÉREZ, 1999; GONZÁLES, 1992). É consenso entre diversos autores que as atividades experimentais devem ser orientadas como uma atividade investigativa e não como uma atividade puramente mecânica e manipulativa (GIL-PÉREZ et al., 1991; GONZÁLES, 1992; TAMIR; GARCIA, 1992). Para Hodson (1992), a aprendizagem dos alunos é mais eficiente quando os mesmos participam de investigações, semelhantes às realizadas nos laboratórios de pesquisa.

Hofstein e Lunetta (2003) em uma extensa revisão bibliográfica referente a atividades de laboratório, enfatizam que a abordagem investigativa implica, entre outros aspectos, em planejar investigações, usar montagens experimentais para coletar dados seguidos da respectiva interpretação e análise, além da comunicação dos resultados. Tal enfoque propicia aos alunos libertarem-se da passividade de serem meros executores de instruções, buscando relacionar, decidir, planejar, propor, discutir, relatar, ao contrário do que ocorre na abordagem tradicional.

De acordo com Borges (2002a), as atividades investigativas visam a exploração de fenômenos através da participação ativa dos alunos na construção do conhecimento. Nessa proposta, os alunos assumem a responsabilidade na investigação, apresentando total liberdade na elaboração e execução do experimento. Um exemplo de experimento proposto com tal abordagem nos livros didáticos de Química se refere ao tratamento de água (Mortimer e Machado, 2002). Nessa proposta, o autor pede para os alunos discutirem, em grupo, que procedimento deve ser adotado para obter água límpida, água potável e água pura para uso num laboratório de análises químicas a partir de uma amostra de água barrenta. Em seguida, o autor propõe que os alunos demonstrem os procedimentos adotados.

Outro exemplo de atividade investigativa proposta no mesmo livro se refere ao experimento “Brincando de detetive químico: usando a solubilidade diferenciada de sais para descobrir o conteúdo de soluções incolores”. Nessa proposta, o autor fornece um conjunto de informações (regras simples para a solubilidade de alguns sais em água à temperatura ambiente) e a partir delas propõe que os alunos discutam entre si e elaborem um procedimento experimental para identificar as diferentes soluções presentes nos tubos de ensaio. Além das informações teóricas, o autor apresenta as seis soluções possíveis para identificação (nitrato de prata, cloreto de sódio, ácido clorídrico, ácido sulfúrico, carbonato de sódio e cloreto de bário). É importante salientar que nos exemplos citados, os autores não fornecem previamente os passos a serem seguidos pelos alunos, ao contrário, estimulam o raciocínio para que os mesmos proponham maneiras de resolver o problema proposto.

No ensino por investigação, cabe ao professor colocar os alunos frente a situações problemas adequadas, propiciando a construção do próprio conhecimento, que segundo Piaget (1978), é construído baseado na experiência do aprendiz. Nesse ensino, os alunos são colocados em situação de realizar pequenas pesquisas combinando simultaneamente os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (POZO, 1998).

Duschl (1998) apresenta um modelo de ensino e aprendizagem como indagação. Segundo ele, quando os alunos têm oportunidade de participar do processo de construção do conhecimento, como elaborar hipóteses, questioná-las e defender os seus pontos de vistas, o professor encontrará diferentes idéias nas respostas dos alunos, ficando o professor com a responsabilidade de provocar novas discussões, ou seja, ser um questionador, provocador.

Segundo Gil-Pérez (1993), as atividades investigativas devem apresentar situações problemas abertas que despertem o interesse dos alunos para que os mesmos possam participar do processo de construção do conhecimento. Para Azevedo (2004),

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com

acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações. (AZEVEDO, 2004, p. 22).

É fundamental que o aluno participe ativamente da atividade experimental e isso acontece quando o mesmo tem a possibilidade de elaborar e testar hipóteses, discutir os resultados, concluir, etc. Esses aspectos assumem um papel importante no processo de construção do conhecimento (CARRASCOSA et al., 2006).

Um aspecto importante presente nas atividades investigativas, e defendido por diversos autores, se refere a sua aproximação com o trabalho desenvolvido pelos cientistas. Para Munford e Lima (2007), as atividades investigativas no ensino representam uma maneira de aproximar os trabalhos desenvolvidos pelos cientistas do contexto escolar. Os mesmos autores salientam que à medida que os alunos participam das etapas essenciais de uma investigação, como elaborar hipóteses, coletar dados, discutir resultados, eles passam a ter um “conhecimento mais apropriado acerca das práticas dos cientistas e dos processos de construção de teorias científicas”.

Para Azevedo (2004), a atividade investigativa deve englobar alguns aspectos do trabalho científico e não se limitar somente ao trabalho de manipulação e observação. O ato de refletir, explicar, relatar, propor hipóteses aproxima a atividade experimental de uma investigação científica, o que contribui para um aprendizado mais significativo. De acordo com a autora, a observação e a ação constituem os pressupostos básicos dessa abordagem de ensino.

Segundo Gil-Pérez e Castro (1996) para que uma atividade experimental se aproxime de uma investigação é necessário integrar algumas características da atividade científica. Os mesmos autores elencam alguns aspectos da atividade científica que podem ser trabalhados em tais atividades.

- Apresentar situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado, correspondente à zona de desenvolvimento potencial dos alunos;
- Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas que dêem sentido ao seu estudo;

- Potencializar análises qualitativas significativas que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
- Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos alunos;
- Considerar a importância da elaboração e preparo da atividade experimental pelos próprios alunos;
- Considerar as análises dos resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.) de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses levantadas e dos resultados dos demais alunos;
- Considerar as implicações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente;
- Considerar a contribuição do estudo realizado para a construção de um conjunto coerente de conhecimentos, assim como as possíveis implicações em outros campos do conhecimento;
- Permitir uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
- Deixar claro a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos que interagem entre si.

A formulação de hipóteses, mencionada anteriormente, é o aspecto central no processo de investigação. Para Gil-Pérez (1992), as hipóteses orientam a resolução do problema e, aliado ao conjunto de conhecimentos disponíveis, permitem analisar e interpretar os resultados. Uma proposta de atividade experimental que não envolve a formulação de hipóteses deixa de ser uma investigação científica, tornando-se apenas uma tentativa do tipo ensaio e erro. Lewin e Lomascólo (1998) salientam a importância da hipótese no processo de construção de conhecimento, pois as mesmas indicam os dados a serem buscados. Essa etapa, assim como todo processo de investigação, favorece uma aprendizagem significativa.

Como salienta Gil-Pérez e Castro (1996), não se trata de regras a serem seguidas, mas sim de um conjunto de características que tornam a atividade experimental mais próxima do trabalho científico.

Se atentarmos para o fato de que um pesquisador “não” dispõe de um roteiro experimental, então, o processo de ensino através da abordagem investigativa é uma viável aproximação da atividade científica que pode ser adotado em situação real de sala de aula. Na abordagem investigativa, os alunos podem compreender as etapas de um trabalho científico, assim como perceber que a Ciência é uma atividade humana em permanente construção (AZEVEDO, 2004).

Gil-Pérez (1999) apresenta uma metáfora para comparar a investigação com a atividade desenvolvida pelos cientistas (metáfora dos *investigadores noveles*). Segundo ele, os alunos trabalham em grupos abordando situações problemáticas relevantes e esses grupos interagem entre si e com o resto da comunidade científica representada pelo professor (*expert*) e pelos materiais de apoio.

É importante ressaltar que existe uma grande diferença entre a pesquisa desenvolvida pelos cientistas e as atividades investigativas no contexto escolar, e não é pretensão de tal abordagem reproduzi-la, pois esta seria impossível. Para Carrascosa (2006), o importante não é o fato dos alunos apresentarem argumentos ricos e abundantes sobre o problema proposto, mas que mudem a postura como encaram a tarefa, tornando-a mais relevante e menos uma atividade puramente manipulativa e sem sentido para o aluno.

Barbosa (1999) aponta que a experimentação dentro de uma abordagem construtivista, como as atividades experimentais investigativas, contribui de maneira mais eficiente para a aprendizagem de conceitos. Além disso, podem tornar-se fator de evolução conceitual dos alunos se pautadas dentro de uma visão da Ciência enquanto atividade humana em permanente construção (ZULIANI, 2006).

De acordo com Suart (2008), as atividades investigativas desenvolvem habilidades cognitivas nos alunos, o que torna esse tipo de atividade fundamental na educação. A mesma autora salienta que se essas atividades forem planejadas com o intuito de atingir todas as suas potencialidades, elas contribuirão “para a formação de

um indivíduo crítico e reflexivo sobre suas atitudes e sobre as ações tomadas pelos outros”.

Além do desenvolvimento cognitivo, outras competências podem ser desenvolvidas a partir do envolvimento dos alunos nas atividades experimentais investigativas. Fernandes e Silva (2004) apontam algumas delas a partir da opinião dos alunos. Entre as competências procedimentais, destacam-se: contextualizar, formular hipóteses, planejar experimentos, executar experiências, interpretar dados e tirar conclusões, discutir e comunicar resultados. Entre as competências atitudinais, apresentam-se: cooperar com os outros, reflexão crítica, reflexão sobre o erro, responsabilidade, autonomia, curiosidade, colaboração, gosto pela Ciência, perseverança e motivação.

Para Azevedo (2004) além do desenvolvimento cognitivo, as atividades investigativas proporcionam a aprendizagem de outros conteúdos importantes para a formação do cidadão, tais como atitudes, valores e normas. Esses conteúdos auxiliam a aprendizagem de conceitos e fatos. Segundo a autora “se pretendemos a construção de um conhecimento, o processo é tão importante quanto o produto.” (p.22). Sendo assim, o processo de construção do conhecimento pelo aluno deve ser levado em consideração durante as atividades investigativas.

As atividades experimentais com enfoque investigativo permitem aos alunos atingirem uma maior autonomia intelectual, pois “uma experiência que não seja realizada pela própria pessoa, com plena liberdade de iniciativa, deixa de ser, por definição, uma experiência, transformando-se em simples adestramento [...]” (PIAGET, 1978, p.17). Apesar de alguns estudos mostrarem que determinadas atividades experimentais não proporcionam motivação nos alunos, Lewin e Lomascólo (1998) apontam que se trabalhadas adequadamente, tais atividades contribuem para o seu desenvolvimento. Segundo os autores:

A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como ‘projetos de investigação’, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como a curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas informações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (LEWIN E LOMASCÓLO, 1998, p.148).

De acordo com Wartha e Faljoni-Alário (2005), a maioria dos alunos tem dificuldades para utilizar o conteúdo trabalhado nas aulas experimentais em situações extraídas do cotidiano porque as realizam em contexto não significativo. Caracteriza-se o experimento pelo experimento e o conceito pelo conceito, muito distantes de implicações sociais, o que provoca nos alunos uma rejeição ao estudo da Química (LIMA et al, 2000). A importância da contextualização também é salientada por Zuliani (2006), que aponta a investigação a partir de fatos cotidianos como fator importante de evolução conceitual dos alunos.

De acordo com Reigosa e Jiménez (2000), os alunos apresentam dificuldades durante a realização de atividades experimentais que exigem a definição do procedimento a ser adotado no experimento. Isso acontece porque os mesmos não estão habituados a essa abordagem de ensino, que os tiram da passividade e os colocam como os principais sujeitos na construção do conhecimento.

Nesse processo, o professor atua como um mediador, intervindo em momentos que houver necessidade e monitorando o progresso dos grupos. É indispensável que o professor deixe a cargo do grupo o controle da atividade, ao invés de apontar caminhos a serem seguidos (BORGES, 2002a). De acordo com Suart (2008), o professor tem que ser questionador e propor desafios para que os alunos alcancem a solução para o problema proposto.

Borges (2002a) alerta para o fato de que o progresso no desempenho dos alunos, a autonomia e outras habilidades desenvolvidas através das atividades investigativas não são imediatos. Esse processo requer tempo e maior envolvimento dos alunos e do professor em comparação à abordagem tradicional. O mesmo autor propõe uma tabela na qual classifica os níveis de investigação em um laboratório de Ciências:

Tabela 1: Níveis de investigação no laboratório de Ciências

Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dadas
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

As atividades de nível 1 são aquelas nas quais são fornecidos o problema e o procedimento experimental a ser adotado, ficando ao aluno a responsabilidade de tirar as conclusões a respeito do problema. No nível 2, é dado ao aluno apenas o problema, cabendo a ele propor um procedimento experimental, assim como tirar as conclusões correspondentes. O nível 3 é aquele que exige maior esforço e envolvimento dos alunos, pois os mesmos são os responsáveis pela realização de todas as etapas do experimento: propor o problema, o procedimento experimental e as conclusões.

Borges (2002a) salienta que as primeiras atividades investigativas devem ser simples e realizadas em pequenos grupos, e com o passar do tempo deve-se aumentar o nível de investigação dos problemas. Embora os alunos apresentem muitas dificuldades durante a sua realização, o autor aponta que mesmo os alunos que não detêm o conhecimento específico sofisticado e experiência em laboratório, conseguem propor uma resolução para o problema proposto. De acordo com Azevedo (2004),

O professor deve conhecer bem o assunto para poder propor questões que levem o aluno a pensar, deve ter uma atitude ativa e aberta, estar sempre atento às respostas dos alunos, valorizando as respostas certas, questionando as erradas, sem excluir do processo o aluno que errou, e sem achar que a sua resposta é a melhor, nem a única. (AZEVEDO, 2004, p.32)

É importante ressaltar que nenhuma investigação parte do zero, elas necessitam de conhecimentos que orientem a observação. Em uma proposta de atividade investigativa faz-se necessário a explicitação dos conhecimentos prévios disponíveis sobre a atividade, sem os quais se torna impossível a sua realização (LEWIN E LOMASCÓLO, 1998; GIL-PÉREZ; CASTRO, 1996; HODSON, 1988).

Como se trata de uma abordagem na qual os alunos possuem a liberdade de propor uma solução para um determinado problema, é comum a presença do erro. No entanto, o erro é um elemento que apresenta grande potencial pedagógico e precisa ser explorado no sentido de auxiliar os alunos na construção e compreensão dos conceitos (BORGES et al, 2002b).

De acordo com Borges et al (2002b) as atividades experimentais são geralmente planejadas para não falharem, e quando isso ocorre, a tendência é o

professor solicitar que o aluno realize novamente o experimento até que se alcance o resultado desejado. No geral, não se enfatiza o tratamento dos erros, pois muitas vezes os professores temem uma reação negativa dos alunos, além disso, soma-se o fato que há situações nas quais o professor não conhece os objetivos pedagógicos da experimentação.

Segundo Borges et al (2002b), os erros deveriam ser vistos com mais atenção durante as atividades experimentais. No entanto, como salienta o autor, tal fato não ocorre por diversas razões:

- Os professores, em geral, selecionam atividades experimentais simples e que são previsivelmente conhecidas;
- Os alunos, por si só, “maquiam” alguns resultados quando este destoa do esperado. Dessa forma, o professor não tem o conhecimento dos erros;
- Falta de conhecimento do professor de que o erro se constitui num instrumento pedagógico importante no processo de aprendizagem, assim como dificuldades para identificar e explicar a sua origem e resolvê-lo.

É importante ressaltar que as atividades experimentais apresentam objetivos pedagógicos que devem ser explorados pelo professor, seja por meio da abordagem tradicionalmente encontrada ou pela investigativa. Se trabalhadas adequadamente, tais atividades contribuem em vários aspectos para a formação dos alunos, como por exemplo, no processo de tomada de decisão, aspecto este essencial no processo de formação cidadã. No próximo capítulo, discutiremos o ensino de Química na formação do cidadão.

## Capítulo 2. O Ensino de Química na formação do cidadão

O objetivo da educação é a virtude e o desejo de converter-se num bom cidadão.

Platão

### 2.1. Cidadania e Educação

Originado do latim “civitas”, que significa “cidades”, a expressão cidadania é apresentada por diferentes autores. Demo (1996, p.70) a define como sendo “a *qualidade social de uma sociedade organizada sob a forma de direitos e deveres majoritariamente reconhecidos*”. Cavalcanti (1989, p.9) se refere à cidadania como sendo “o *exercício da liberdade consensual entre o indivíduo e o Estado.*” Decorrente desse conceito, surge a expressão cidadão, que é todo indivíduo que exerce a cidadania.

Embora haja uma diversidade de definições para o conceito de cidadania, esses apresentam alguns pontos em comum, como os direitos, os deveres e a participação dos indivíduos na sociedade. Para Santos e Schnetzler (2003, p.34), “a formação do cidadão implica a educação para o conhecimento e para o exercício dos direitos, mediante o desenvolvimento da capacidade de julgar, de tomar decisão, sobretudo em uma sociedade democrática”. Além desses aspectos, os mesmos autores apontam para a importância de se promover uma educação moral baseada em valores éticos.

Esses aspectos estão fortemente vinculados à educação. Dessa maneira, a escola assume um papel importante na construção da cidadania. Para Pimenta (1993),

A finalidade da escola é possibilitar que alunos adquiram os conhecimentos da ciência e da tecnologia, desenvolvam as habilidades para operá-los, revê-los, transformá-los e redirecioná-los em sociedade e as atitudes sociais – cooperação, solidariedade, ética, tendo sempre como horizonte colocar os avanços da civilização a serviço da humanização da sociedade. (PIMENTA, 1993, p.79)

No entanto, será que a escola atual está promovendo uma educação voltada para o desenvolvimento da cidadania? Qual é o papel da Química na formação do cidadão?

A preocupação com a cidadania não é algo recente. Em sua pesquisa, Cavalcanti (1989, p.73) aponta o uso do termo cidadão no ano de 1824: “*O império do Brasil é a associação política de todos os Cidadãos Brasileiros.*”. Esse conceito foi sofrendo alterações com o passar dos anos e hoje se constitui um dos principais objetivos da educação, conforme expressa a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 que estabelece as Diretrizes e as Bases da Educação Nacional.

A educação, dever da família e do Estado, inspirado nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (Art.2º, Título II da LDB)

Além do desenvolvimento da cidadania, outros objetivos são propostos pela LDB: a preparação dos alunos para o ingresso no mercado de trabalho e a continuação de estudos posteriores.

O que se observa é que a escola está aos poucos se distanciando do objetivo de formar o cidadão. Em geral, é crescente a preocupação da mesma com a preparação dos alunos para o ingresso no ensino superior. Para isso, utilizam-se, em muitos casos, de apostilas repletas de fórmulas e exercícios repetitivos para o treinamento dos alunos. Tal finalidade é criticada por Chassot (1993),

[...] Uma das grandes perdas do ensino de 2º grau é atrelá-lo à preparação para o vestibular. Primeiro deveríamos questionar quantos de nossos estudantes realmente vão para a universidade. Há, às vezes, em escolas do interior, situações em que se ‘privilegia’ dois ou três alunos (em geral das classes dominantes) que pretendem alcançar o 3º grau, em detrimento de todos os outros, para os quais o 2º grau é um curso terminal [...] (CHASSOT, 1993, p.39).

De acordo com Demo (1996), a educação é uma condição necessária para o desenvolvimento da cidadania e elenca alguns componentes que devem fazer parte desse processo:

O primeiro se refere à noção de formação em detrimento da instrução, essa última ainda bastante valorizada nas escolas apesar de disposições legais no sentido contrário. A instrução se dá através da transmissão de informações do professor (detentor do conhecimento) para os alunos, que a recebem de maneira passiva. Esse sistema de ensino pouco (ou nada) contribui para a formação do cidadão.

Para se conseguir uma educação voltada para a cidadania é necessário modificar a hierarquia presente na sala de aula, colocando o aluno como o principal sujeito no processo de construção do conhecimento. Tal discurso vai ao encontro de Santos e Schnetzler (2003);

Sem o envolvimento ativo do aluno, muito pouco a escola pode contribuir na consolidação da cidadania. Além disso, decorre daí uma concepção de ensino em que o aluno não pode ser concebido e tratado como uma tábula rasa, passivo; pois, como se disse a cidadania não é transmitida e sim conquistada. (SANTOS E SCHNETZLER, 2003, p.30).

A participação ativa do aluno no processo de ensino e aprendizagem é uma característica importante da concepção construtivista. Segundo Coll (1998), essa perspectiva concebe a aprendizagem escolar como um processo de construção do conhecimento levando em consideração os conhecimentos e as experiências prévias dos alunos.

Santos e Schnetzler (2003) apontam a estimulação do debate pelo professor como uma estratégia importante no desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. No entanto, é necessário que o professor valorize e respeite as opiniões e conhecimentos dos alunos, ao invés de apresentar uma idéia fixa e “correta” sobre o assunto.

O segundo componente apresentado por Demo (1996) refere-se à noção de participação. De acordo com Santos e Schnetzler (2003) várias podem ser as definições apresentadas para o conceito de cidadania, no entanto, todas apresentam um ponto em comum, que é a participação dos indivíduos na sociedade. Esse ponto é imprescindível, pois não há cidadania sem participação. De acordo com os mesmos, a participação é desenvolvida na medida em que haja uma identidade cultural dos indivíduos com as questões que a eles são apresentadas. Demo (1996) enfatiza:

Na verdade, educação que não leva à participação já nisto é deseducação, porque consagra estruturas impositivas e imperialistas, transformando o educador manipulador em figura central do fenômeno, em vez de elevar o educando a centro de referência. (DEMO, 1996, p.53).

Um terceiro aspecto importante apontado por Demo (1996) como fundamental no desenvolvimento da cidadania se deve à noção de direitos e deveres que garantem ao cidadão uma vida digna, como o direito à vida, saúde, educação, moradia, entre outros.

A noção de democracia também é apontada por Demo (1996) como importante no processo de desenvolvimento da cidadania. De acordo com o autor, esse componente é apresentado como “forma de organização sócio-econômica e política mais capaz de garantir a participação como processo de conquista”. Segundo Santos e Schnetzler (2003), a preparação do indivíduo para atuar em uma sociedade democrática se dá em diferentes ambientes e não apenas na escola, apesar desta desempenhar um papel importante para tal. Ela tem início na família e se estende por diversos espaços, como igrejas, sindicatos, associações, organizações não-governamentais (ONGs), clubes, etc. Além disso, como argumenta Carvalho (2003), a cidadania é um processo em permanente construção.

O quinto aspecto apontado por Demo (1996) se refere ao acesso à informação e ao saber. Segundo Santos e Schnetzler (2003), para que o cidadão possa participar das decisões da comunidade, é fundamental que ele possua informações que estão diretamente relacionadas aos problemas que afetam a sociedade. Nesse sentido, a Química exerce um papel essencial no desenvolvimento de uma educação voltada para a formação do cidadão, pois está relacionada com todos os fatos que nos cercam.

Santos e Schnetzler (2003) alegam que para um cidadão viver melhor na sociedade, este não necessita ter conhecimentos muito específicos de Química, como por exemplo, que o 2,2,4 trimetilpentano é um dos componentes da gasolina; que a fórmula molecular do limoneno é  $C_{10}H_{16}$ ; que a temperatura de ebulição do octano é  $125,6^{\circ} C$ ; que o tempo de meia-vida do cobalto ( $^{60}C$ ) é de 5,3 anos; que o zero absoluto corresponde a  $- 273,15^{\circ} C$ ; que o papel de tornassol fica azul em meio básico; que um Faraday corresponde a  $9,65 \times 10^4 C$ ; que a cefalexina é um antibiótico utilizado para

amigdalite; que o monômero que origina a borracha natural é o metil-1,3-butadieno, entre outros.

Para Santos e Schnetzler (2003) essas informações até podem ser interessantes como forma de aumentar o conhecimento. No entanto, esse não é tipo de ensino que se deseja como forma de desenvolver a cidadania. De acordo com os mesmos, é preciso que os conceitos sejam explorados no sentido de desenvolver nos alunos a capacidade de tomada de decisão. Isso é atingido quando o professor valoriza os conhecimentos prévios dos alunos e a sua participação no processo de construção do conhecimento.

Na maioria das vezes, o conhecimento químico é apresentado para o aluno no contexto asséptico da escola, como se aquilo fosse aplicado somente na sala de aula. Dessa maneira, o aluno não consegue relacionar o conteúdo com a sua realidade, o que torna o ensino “sem sentido” e desmotivante. Surgem daí diversos questionamentos, tais como: por que tenho que aprender isso?; Pra que serve isso? Segundo Chassot,

[...] é provável que quando nos perguntamos ‘porque estou ensinando esse conteúdo?’ e não temos uma resposta convincente, é porque, provavelmente, este conteúdo é inútil para os estudantes, ou é útil apenas, para manter ainda mais a dominação [...]. (CHASSOT, 1993, p.46)

Diante disso, Santos e Schnetzler (2003) apontam a importância do contexto no qual o aluno está inserido como fator essencial no desenvolvimento de uma educação voltada para a formação da cidadania. É importante, ao discutir um determinado assunto, que este tenha significado para o aluno, e isso só é atingido quando se aproxima o conteúdo estudado com a realidade do aluno. Chassot (1993, p.42) chama a atenção para esse fato: “Por que não ensinar Química partindo da realidade dos alunos, escolhendo (ou deixando os alunos escolherem) temas que são do seu interesse”. Em outro trecho, o mesmo autor relata:

A química que se ensina deve ser ligada à realidade, mas quantas vezes os exemplos que se apresentam são desvinculados do cotidiano?... O que é mais importante para um estudante da zona rural? A configuração eletrônica dos lantanídeos ou as modificações que ocorrem no solo quando do uso de corretivos? E para um aluno da zona urbana? O modelo atômico com números

quânticos ou processos eletrolíticos de purificação de metais ou tratamento da água? (CHASSOT, 1993, p.41)

A citação acima reflete uma situação comum na educação brasileira. Os professores, em geral, não relacionam o conteúdo químico estudado com a realidade dos alunos. Aliado a isso, os professores priorizam um ensino puramente mecânico, no qual predomina a aplicação de fórmulas, cálculos e nomenclatura dos compostos químicos. Diante de tal situação, é comum ouvir dos alunos frase do tipo “Eu odeio Química”; “Eu não suporto Química”; Esse fato se deve à dificuldade apresentada pelos alunos em manipular fórmulas e efetuar cálculos, além de não conseguirem visualizar um sentido para o conceito que está aprendendo.

Santos e Schnetzler (2003) enfatizam que o ensino de Química deve ser centrado na relação entre a informação química e o contexto social. Para que o cidadão possa participar efetivamente da sociedade, ele necessita, além dos conhecimentos químicos, compreender melhor a sociedade na qual está inserido. Sendo assim, Santos e Schnetzler (1996, p.28) enfatizam: “A função do ensino de Química deve ser a de desenvolver a capacidade de tomada de decisão, o que implica a necessidade de vinculação entre o conteúdo trabalhado e o contexto”.

De acordo com os mesmos autores, é necessário eliminar a idéia de que ao ensinar apenas conceitos químicos estaremos educando para a cidadania. Os conceitos são importantes, entretanto a questão da cidadania envolve outros pontos, como os aspectos da estrutura e do modelo de organização social, política e econômica. Além do mais, é importante não apenas que os cidadãos aprendam a utilizar as diferentes substâncias presentes no cotidiano, mas também que se posicionem criticamente perante os problemas que as mesmas podem ocasionar. Poucas são as pessoas que sabem da importância da Química para a sociedade, como relata Newbold;

Atualmente a química é a chave para a maior parte das grandes preocupações das quais depende o futuro da humanidade, sejam elas: energia, poluição, recursos naturais, saúde ou população. De fato, a química tornou-se um dos componentes do destino do gênero humano. Entretanto, quantas pessoas, entre o público em geral, sabem um pouco que seja a respeito da relevância da química para o bem-estar humano? Infelizmente, muitos poucos, conforme parece... Certamente é essencial que se faça com que cada cidadão ao menos

tome consciência de algumas das enormes contribuições da química à vida moderna. Deveria ser fascinante perceber que todos os processos da vida, do nascimento à morte, estão intimamente associados às transformações químicas. A qualidade de vida que desfrutamos depende em larga escala dos benefícios advindos de descobertas químicas, e nós, como cidadãos, somos continuamente requisitados para tomar decisões em assuntos relacionados com a química. Não devemos, entretanto, ignorar os aspectos negativos associados a progressos baseados na química, pois fazê-lo seria fechar os olhos à realidade. (NEWBOLD, apud SANTOS E SCHNETZLER, 2003; p. 48)

Através da relação entre a informação e o contexto, é possível desenvolver uma educação voltada para a formação cidadã. Para Pimenta (1993, p.78) educar o aluno para a cidadania “significa formá-lo com capacidade para ter uma inserção social crítica/transformadora na sociedade em que vive”. Essa visão também é compartilhada por Chassot (1993, p. 45); “Temos que formar cidadãos que não só saibam ler melhor o mundo onde estão inseridos, como também, e principalmente, sejam capazes de transformar este mundo para melhor”. De acordo com Santos e Schnetzler (2003, p.29), “Educar para a cidadania é preparar o indivíduo para participar em uma sociedade democrática, por meio da garantia de seus direitos e seus deveres”. Outros autores, como Paulo Freire (2006), também apontam a importância do indivíduo se reconhecer como cidadão na transformação da sociedade.

Segundo Santos e Schnetzler (2003, p.40) outros valores são importantes no desenvolvimento da cidadania, dado que “não há como formar cidadãos sem desenvolver valores de solidariedade, de fraternidade, de consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade”.

Diante desse contexto, o desafio dos professores consiste em promover uma educação voltada para o desenvolvimento de um espírito crítico, capaz de desenvolver nos alunos um posicionamento perante os problemas cotidianos. Para isso, a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) mostra-se como uma alternativa ao ensino voltado para a cidadania.

## **2.2. Alfabetização científica e o movimento CTS**

Para melhor compreender a importância da alfabetização científica, Chassot (1993) apresenta uma analogia entre dois cidadãos, um alfabetizado e o outro analfabeto, que precisavam comprar passagens em um grande terminal rodoviário. É evidente que o cidadão alfabetizado tenha mais facilidade para comprar as passagens do que o cidadão analfabeto. No caso, o entendimento da linguagem facilitou a interação do cidadão com o meio. Nesse sentido, o autor enfatiza que promover uma alfabetização científica ao ensinar Química é “permitir que o cidadão possa interagir melhor com o mundo.”(p.39).

Dessa maneira, para Chassot (2003, p.91) “ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza”. Para ele, entender essa linguagem permite uma interação melhor do cidadão com a sociedade no qual está inserido. No entanto, enfatiza que seria desejável que todos os alfabetizados cientificamente “não tivessem apenas facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo – e, preferencialmente, transformá-lo em algo melhor.” (p.94). De acordo com o autor, a alfabetização científica “pode ser considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida”(p.91). Para Chassot (2003), a realização da alfabetização científica se fará quando,

[...] contribuir para a compreensão de conhecimentos, procedimentos e valores que permitam aos estudantes tomar decisões e perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto as limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento. (CHASSOT, 2003, p. 99).

A necessidade de conscientização do cidadão e a promoção de uma educação mais comprometida com a sociedade ficaram evidente no início das décadas de 60 e 70 do século passado com o movimento CTS. Segundo Santos e Mortimer (2001), esse movimento originou-se de preocupações ambientais advindas do desenvolvimento da Ciência e da tecnologia, como as preocupações voltadas para o uso crescente e desenfreado de armas químicas e nucleares. Esse movimento deu origem à abordagem de ensino denominada CTS, na qual se inter-relacionam os conhecimentos referentes à Ciência, Tecnologia e Sociedade. Tal abordagem assume

um papel importante no ensino de Ciências, pois a Ciência e a tecnologia influenciam diretamente a vida de cada cidadão (KRASILCHIK, 1988).

Para Santos e Mortimer (2002), o currículo CTS “caracteriza-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social” e tem como principal objetivo “preparar os alunos para o exercício da cidadania”.

Apesar das diferentes definições sobre CTS, todas se remetem a um objetivo central, que é a formação da cidadania. Como parte desse processo, a tomada de decisão aparece como uma característica importante: “capacitar os alunos para a tomada de decisão e para uma ação responsável” (SANTOS; MORTIMER, 2001, p.97). De acordo com Zoller (1982), o ensino voltado para o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão é importante em termos de:

- facilitar decisões sensíveis e razoáveis em um mundo conflitante;
- fazer com que a sociedade atue de modo produtivo em todos os níveis esperando-se um mínimo de atrito social;
- melhorar a perspectiva da sobrevivência, tanto da pessoa, quanto da sociedade;
- auxiliar as pessoas a compreenderem, estimarem e avaliarem as decisões dos outros. (ZOLLER apud SANTOS E SCHNETZLER, 2003, p. 68).

Aliada à tomada de decisão, Santos e Schnetzler (2003) apontam a compreensão da natureza da Ciência como outro objetivo presente nos currículos CTS. Esse objetivo é fundamental, pois não há desenvolvimento da cidadania sem a compreensão da natureza da Ciência e do seu papel na sociedade (REIS; GALVÃO, 2005; PRAIA, GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007).

De acordo com Zoller e Watson, apud Santos e Schnetzler (2003), o ensino CTS apresenta algumas diferenças em relação ao ensino tradicional de Ciências:

- Organização do conteúdo: o ensino tradicional está organizado de maneira compartimentalizada em disciplinas (Química, Física, Matemática, Biologia, etc) e áreas (inorgânica, físico-química, óptica, ecologia, botânica, etc). Ao contrário dessa abordagem, o ensino CTS está organizado a partir de temas, como poluição, lixo, problemas ambientais, recursos energéticos, alimentos, entre

outros. Em geral, esses temas são introduzidos no início da discussão e permeiam o capítulo.

- Enquanto o ensino tradicional lida com fenômenos isolados (geralmente do ponto de vista disciplinar), o ensino CTS envolve problemas verdadeiros em seu contexto. Nesse caso, trata-se de uma abordagem interdisciplinar que engloba diferentes áreas.
- Através do ensino CTS é possível perceber que a tecnologia depende não apenas do desenvolvimento científico, mas também das decisões humanas.
- Enquanto na visão do sistema tradicional a Ciência busca novos conhecimentos para compreensão da natureza, o ensino CTS busca as implicações sociais desses conhecimentos.

Como apontam Chassot (2003) e Paulo Freire (2006), é fundamental para a formação cidadã que o conteúdo escolar esteja vinculado ao dia-a-dia dos alunos. Tal aspecto se torna possível através de um ensino interdisciplinar e que valorize a participação dos alunos, como a perspectiva de educação CTS.

As atividades investigativas também podem contribuir de maneira significativa para a formação cidadã. Nessa abordagem, o aluno assume o papel central no processo de ensino e aprendizagem, ficando sob a sua responsabilidade as decisões referentes aos problemas impostos.

Sendo assim, a possibilidade dos alunos participarem ativamente da construção do conhecimento por meio de atividades investigativas aliado às discussões dentro da perspectiva de educação CTS pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades essenciais para a formação cidadã, como por exemplo, a tomada de decisão. Esse aspecto se constitui na questão de pesquisa que norteia o trabalho, que será apresentada no capítulo 3.

## **Capítulo 3: Questão de pesquisa e Metodologia**

### **3.1 Questão de Pesquisa**

A partir dos problemas levantados em relação ao ensino experimental de Química, faz-se necessário repensar outras metodologias de ensino, que valorizem a participação dos alunos e incentive a tomada de decisão. Tais aspectos são fundamentais no desenvolvimento de uma educação voltada para a cidadania. Diante disso, a questão de pesquisa que norteia o trabalho é:

Investigar a contribuição das atividades experimentais investigativas no desenvolvimento do processo de tomada de decisão e formação cidadã dos alunos.

### **3.2. Objetivo Geral**

Analisar a contribuição das atividades experimentais investigativas no desenvolvimento do processo de tomada de decisão, característica essa essencial na formação cidadã dos alunos.

#### **3.2.1. Objetivos Específicos**

- Selecionar situações-problema que despertem o interesse dos alunos;
- Trabalhar com alunos do ensino médio as situações-problema selecionadas;

- Analisar o processo de tomada de decisão dos alunos na discussão, definição e realização dos procedimentos experimentais selecionados com vistas à solução do problema proposto;
- Avaliar, utilizando o RPG, a utilização, pelos alunos, dos conhecimentos adquiridos durante as atividades investigativas na resolução de situações sócio-científicas.

### **3.3. Procedimentos Metodológicos**

A presente pesquisa, de caráter qualitativo (BOGDAN; BIKLEN, 1994) contou com a participação de oito alunos do primeiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Jesuíno de Arruda, localizada na região central do município de São Carlos, interior do Estado de São Paulo, em um minicurso realizado no período de 28 de julho a 1º de agosto de 2008.

As atividades foram desenvolvidas nas dependências do Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química (LENAQ) do Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de São Carlos.

A coleta dos dados se deu durante a realização do minicurso intitulado “Química e Cidadania: uma abordagem a partir do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas”, com duração de 40 horas, realizado no período da manhã e da tarde. O minicurso foi estruturado com base no tema “combustíveis”, abrangendo os conceitos relacionados ao álcool, à gasolina e ao biodiesel. Além das discussões teóricas, o minicurso envolveu debates, atividades experimentais de caráter investigativo e a participação dos alunos no RPG.

Os experimentos selecionados foram: “Como obter álcool a partir do caldo de cana?”; “Como determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina coletada de um posto?” e “Como produzir um biodiesel a partir do óleo de soja?”.

Para a coleta de dados referente aos debates, solicitou-se dos alunos o registro escrito, além da gravação por meio da filmadora e das anotações do

pesquisador. Antes da realização de cada debate, os alunos recebiam um material contendo informações importantes para a discussão e uma questão para incitar o debate. É importante ressaltar que essa questão teve como objetivo estimular a participação dos alunos no debate.

O procedimento para a coleta de dados dos experimentos se deu por meio da interação social (CASTORINA, 2001), que consistiu em três etapas:

a) Resolução individual: é dada uma situação-problema com nível de dificuldade adequado e cada aluno, individualmente, tenta resolver a situação proposta. Essa primeira etapa é importante, pois os alunos, tendo a oportunidade de pensar individualmente antes de interagir com os colegas, podem contribuir de forma mais efetiva para a discussão intragrupo.

Resolução em grupo: os componentes de cada grupo discutem entre si o mais livremente possível, porém, sem se afastar muito do assunto. Nessa discussão deve-se incentivar a formulação e comprovação de hipóteses, identificação e controle de variáveis, coleta, registro e análise de dados, etc. É importante mencionar que o critério adotado nesse trabalho para a formação dos grupos em cada atividade experimental se deu pela afinidade entre os participantes. Dessa maneira, os mesmos assumiram a responsabilidade de formar os grupos, sem a interferência do pesquisador.

b) Discussão geral intergrupos e intermediação docente: cada grupo expõe o que discutiu e de que forma chegou às conclusões. Ressalta-se que nesse trabalho, o pesquisador desempenhou também o papel de ministrante do curso, sendo, portanto, responsável pela intermediação docente.

A resolução individual dos problemas propostos foi obtida por registro escrito. Solicitou-se aos alunos o relato detalhado do procedimento experimental. A partir do relato, propôs-se analisar frases que potencialmente revelaram o processo de pensamento discente.

Os itens b e c mencionados anteriormente referem-se a situações de interação social propriamente dita e foram gravados por meio de uma filmadora e pelo registro escrito dos alunos, além da observação do pesquisador.

As gravações foram analisadas procurando-se identificar situações que evidenciaram aquisição de novos conhecimentos, esclarecimento de algum conceito, aprofundamento na sua compreensão, aplicação conceitual, etc.

Os diálogos foram selecionados de modo a expressar não apenas como o grupo estabeleceu um consenso sobre o problema proposto e quais as estratégias de resolução utilizadas, mas também como ocorreram as discordâncias, a superação ou até mesmo a permanência dessas antes da intervenção do pesquisador.

Ao final da etapa c, os alunos responderam um questionário com o intuito de se levantar as principais dificuldades encontradas durante a realização das atividades experimentais.

Para fins de análise, os principais dados referentes às atividades experimentais investigativas foram organizados a partir de elementos presentes na proposta apresentada por Pato (1997) e resumidos em tabelas adaptadas. Ressalta-se que, do ponto de vista metodológico, o presente trabalho apresenta elementos da abordagem do tipo “pesquisa-ação”, o que justifica a “parcialidade” do pesquisador na condução e análise da dinâmica grupal junto aos alunos participantes.

Pato (1997) propõe uma discussão referente à avaliação do trabalho em grupo e apresenta alguns aspectos a serem avaliados nessas atividades, tais como a participação de cada aluno, a evolução da aprendizagem em termos de domínio cognitivo, o desenvolvimento de atitudes e as dificuldades encontradas pelos alunos durante a realização da atividade. Tais aspectos foram adaptados e considerados durante a análise dos dados.

Em relação aos conhecimentos dos alunos, foram avaliados o domínio dos conhecimentos básicos, a capacidade para resolver problemas, o domínio das técnicas de laboratório e a capacidade de comunicação.

No tocante ao desenvolvimento de atitudes, os dados foram analisados em relação à: iniciativa (se o aluno se dispôs prontamente a realizar a atividade ou não), perseverança (se o aluno persistiu durante a atividade ou se o mesmo abandonou-a perante as primeiras dificuldades), confiança em si (se o aluno mostrou segurança e autonomia na proposta elaborada), curiosidade (se o aluno apresentou curiosidade a partir do problema apresentado), motivação (se os alunos sentiram-se

motivados em propor uma solução visando à resolução do problema proposto), tolerância/cooperação (se os alunos apresentaram tolerância e cooperação com os demais membros da turma) e o gosto pela Química.

Além dos aspectos mencionados anteriormente, foram analisadas as dificuldades encontradas pelos alunos em relação à compreensão do problema, a proposição do procedimento experimental, assim como o funcionamento do grupo e o tratamento das informações.

A inserção dos critérios de Pato (1997) para a avaliação do trabalho grupal e a proposta de Castorina (2001) da interação grupal como metodologia de trabalho com os alunos remetem fortemente à análise da dinâmica grupal nas atividades experimentais investigativas como uma contribuição da presente investigação.

A última etapa do minicurso consistiu na participação dos alunos do RPG. A sua função foi avaliar os conhecimentos adquiridos durante o minicurso e sua utilização em contextos mais próximos das demandas colocadas pela sociedade.

O intuito da pesquisa não foi levantar dados estatísticos sobre a abordagem investigativa, mas sim discutir o seu potencial como uma metodologia capaz de desenvolver um conhecimento mais contextualizado e significativo como instrumento para a tomada de decisões em situações do dia-a-dia. Desse modo, os resultados obtidos são particulares para a turma em estudo e não devem ser extrapolados visando uma generalização dos resultados.

Para fins de análise, os alunos não foram identificados pelos nomes e gêneros, sendo denominados de A, B, C, D, E, F, G e H. Do total de participantes, cinco foram do sexo feminino e três do sexo masculino. A tabela 02 apresenta o planejamento do minicurso.

Tabela 2: Planejamento do minicurso.

<b>Seqüência didática</b>	<b>Conteúdo abordado</b>	<b>Metodologia</b>
	Apresentação e objetivos do curso	Aula expositiva; dinâmica das

<p>1 (2 horas)</p>	<p>e da pesquisa. Discussão sobre uma Pesquisa e sobre a abordagem experimental investigativa.</p>	<p>caixinhas para discutir uma pesquisa (propor e testar hipóteses, discutir e concluir). Através dessa atividade, foram discutidas as etapas principais de uma pesquisa.</p>
<p>2 (10 horas)</p>	<p>Discussão dos conceitos químicos e das técnicas de laboratório que foram utilizadas durante o minicurso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polaridade;</li> <li>- Separação de misturas;</li> <li>- Fermentação;</li> <li>- Eletrólise;</li> <li>- Porcentagem;</li> <li>- Regra de três;</li> <li>- Leitura de volume em provetas, destilação, filtração, etc.</li> </ul>	<p>Aula expositiva com <i>datashow</i> para discutir os conceitos e as técnicas empregadas em um laboratório de Química.</p> <p>Realização de exercícios em alguns tópicos, tais como porcentagem e regra de três.</p>
<p>3 (2 horas)</p>	<p>Atividade experimental investigativa: Você está recebendo uma amostra contendo água e óleo. É possível separar os componentes dessa mistura?</p>	<p>Os alunos, em grupo, propuseram um procedimento experimental para resolver o problema e a partir deste, realizaram a atividade experimental. Fase de adaptação à abordagem investigativa.</p>
<p>4 (2 horas)</p>	<p>Atividade experimental investigativa: “Você está recebendo 100 mL de uma amostra de água salgada. Que procedimento você deve adotar para descobrir a</p>	<p>Os alunos, em grupo, propuseram um procedimento experimental para resolver o problema e a partir desse, realizaram a atividade</p>

	quantidade de sal presente em 1 litro dessa solução?	experimental. Fase de adaptação à abordagem investigativa.
5 (6 horas)	Experimento 1: Como obter o álcool a partir do caldo de cana?	Apresentação de vídeos e textos relacionados ao álcool seguida pelo debate; Apresentação de um problema a ser resolvido experimentalmente. Na primeira etapa, os alunos relataram individualmente o procedimento que seria adotado, e em seguida, os mesmos se organizaram em grupos e propuseram um procedimento experimental para resolver o problema proposto. Em seguida, os alunos realizaram a atividade experimental.
6 (6 horas)	Experimento 2: Como determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina coletada de um posto?	Idem a metodologia descrita no item 5
7 (6 horas)	Experimento 3: Como produzir o biodiesel a partir do óleo de soja?	Idem a metodologia descrita no item 5
8 (6 horas)	RPG	Uso do RPG como ferramenta de avaliação.

## **Capítulo 4. Análise dos resultados e discussão**

### **4.1. Resultados e Discussão**

#### **4.1.1. Primeiro Encontro (28 de julho de 2008)**

O minicurso teve início com a apresentação dos participantes (oito alunos), dos objetivos e da metodologia utilizada na pesquisa. Em seguida, houve uma discussão sobre o papel da Ciência, dos cientistas, e como uma pesquisa, em geral, se estrutura. Com o intuito de facilitar essa discussão foi proposta a dinâmica das caixinhas (apêndice 1). Para a sua realização, os alunos se organizaram em duplas e cada grupo recebeu uma caixinha contendo três objetos distintos. Os mesmos deveriam descobrir os objetos presentes na caixa a partir de algumas evidências, tais como o som, o movimento, peso, etc. Após levantar as hipóteses sobre os conteúdos da caixa, cada grupo expôs aos demais a sua opinião e o porquê da escolha. Das quatro duplas formadas, apenas uma acertou os três objetos, enquanto as outras acertaram dois. A partir dos relatos dos alunos, discutiu-se o papel da Ciência. Os alunos participaram intensamente da atividade, inclusive solicitando que a realizassem novamente. Na seqüência, promoveu-se uma discussão sobre a importância das pesquisas em diferentes áreas, como na saúde, educação, habitação, lazer, etc.

Após a dinâmica foram apresentados alguns aspectos gerais relacionados ao tema “combustíveis”, tais como a sua definição, classificação (sólido, líquido e gasoso) e obtenção (por exemplo, destilação do petróleo e fermentação).

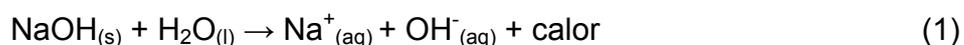
Na abordagem investigativa, o aluno desempenha um papel fundamental na construção do conhecimento, sendo o responsável por propor e testar hipóteses e tomar decisões a respeito de um problema (GIL-PÉREZ; CASTRO, 1996). No entanto, para que possa tomar tais decisões é necessário que ele disponha de conhecimentos referentes aos conceitos e as técnicas empregadas no experimento (GIL-PÉREZ; CASTRO, 1996; LEWIN; LOMASCÓLO, 1998). Diante disso, foram discutidos os

conceitos químicos e matemáticos utilizados durante o minicurso, entre eles polaridade, eletronegatividade, geometria molecular, fermentação, reações químicas, tabela periódica, ligações químicas, regra de três, porcentagem, leitura de gráficos e tabelas, etc. Além disso, discutiu-se alguns procedimentos laboratoriais importantes que foram utilizados durante o minicurso, entre eles a leitura de volume em provetas, utilização do bico de Bunsen, algumas técnicas de separação de misturas, etc.

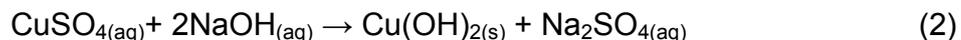
Todos esses conceitos foram trabalhados por meio de aula expositiva e tiveram um papel imprescindível durante o curso.

Um dos assuntos discutidos e que despertou interesse nos alunos foi “reações químicas”. Para auxiliar na discussão desse tópico, foram realizadas diversas atividades experimentais, por meio da abordagem tradicional, com o intuito de verificar as evidências de uma reação química, tais como mudança de temperatura, formação de precipitado, liberação de gás e de luz. Essas atividades foram importantes no processo de familiarização com alguns procedimentos laboratoriais, como defendem Ribeiro, Freitas e Miranda (1997).

Antes da realização de cada experimento, foram discutidas as principais aplicações dos componentes envolvidos em cada reação química abordada. Para a primeira delas, realizou-se a dissolução do hidróxido de sódio em água. O calor liberado foi medido através de um termômetro, embora a sua utilização não fosse necessária, uma vez que a mudança de temperatura pôde ser verificada com as mãos ao tocar o béquer. A equação 1 representa essa reação:



No segundo experimento, foi proposto que os alunos preparassem uma solução de sulfato de cobre e adicionassem à mesma a solução de hidróxido de sódio preparada na etapa anterior. Essa atividade atraiu a atenção dos alunos, devido à coloração azul intensa da solução de sulfato de cobre e ao precipitado formado pela mistura das soluções. A equação 2 representa uma das reações ocorridas nessa solução.



Em seguida foi proposta a reação entre o vinagre e o bicarbonato de sódio. Para a sua realização, os alunos colocaram o bicarbonato de sódio dentro de uma bexiga, e prenderam a sua extremidade em um tubo de ensaio contendo vinagre. Em seguida, os alunos adicionaram o bicarbonato de sódio ao vinagre e observaram o aumento de volume da bexiga devido à produção e liberação do gás dióxido de carbono, de acordo com a reação 3.



O último experimento dessa seqüência foi a queima do magnésio. Nesta atividade, os alunos questionaram se a presente reação era a mesma que acontecia nos fogos de artifício e no *flash* da máquina fotográfica. Diante disso, houve uma discussão a respeito de tais questionamentos. Além da luz intensa, observou-se a formação do óxido de magnésio, conforme expresso na equação 4.



Através dessas atividades experimentais, pôde-se constatar a sua significativa função motivacional, como aponta Hodson (1994). Esse fato ficou evidente nos depoimentos dos alunos: “Nossa, como é legal fazer experiências no laboratório”; “(...) bem que o nosso professor podia fazer isso na escola né?”; “o curso inteiro vai ser assim?”. Apesar disso, como salienta Barbosa (1999), não se trata do único objetivo das atividades experimentais no ensino.

Nas discussões envolvendo os demais conceitos, não houve nenhuma proposta de atividade experimental. Os alunos apresentaram dificuldades na compreensão de alguns conceitos, possivelmente pelo fato de estarem na metade do primeiro ano do ensino médio. Durante a explicação, os mesmos questionaram bastante o que era apresentado e, em vários momentos, o pesquisador foi solicitado a explicar outros conceitos que eram necessários para a compreensão dos conceitos em

questão. Um exemplo disso aconteceu durante a explicação do tema “polaridade”. Para o seu entendimento, foi necessário discutir a eletronegatividade, tabela periódica e regra do octeto.

As maiores dificuldades demonstradas foram em relação aos conceitos matemáticos, como porcentagem e regra de três. Essas dificuldades foram trabalhadas durante a aula através da apresentação de diversos problemas, tais como: “Em 40 mL de uma solução, descobriu-se que 16 mL correspondem ao composto A. Qual é a porcentagem desse composto em solução?”; “A cerveja possui, em média, 5% de álcool. Em uma garrafa de 600 mL, qual é a quantidade, em mL, de álcool? E em uma latinha de 350 mL?” Ao final da aula, os alunos já não apresentavam dificuldades para resolverem os problemas. O entendimento desses conceitos auxiliou os alunos no experimento relacionado à porcentagem de álcool presente na gasolina, que será descrito posteriormente.

#### **4.1.2. Segundo encontro (29 de julho de 2008)**

Como se trata de uma perspectiva pouco utilizada no ensino de Química, a maioria dos alunos do Ensino Médio não está habituada à abordagem investigativa. Diante disso, fez-se necessário destinar uma parte do curso para a adaptação dos alunos a tal metodologia. Essa fase foi fundamental, uma vez que os mesmos passaram de um papel passivo para um papel ativo (AZEVEDO, 2004).

Essa fase de adaptação iniciou-se com a discussão de algumas técnicas e procedimentos utilizados em um laboratório de Química, entre elas a leitura de volume em provetas, pesagem e técnicas de separação de misturas, como por exemplo, filtração e a destilação. Nessa etapa foi possível observar que os alunos apresentaram dificuldades com conceitos simples, tais como: compreender o que é volume e como são realizadas as suas medidas, o que são misturas e como separar os componentes de uma mistura. Essas dúvidas foram sanadas por meio da explicação teórica dos conceitos envolvidos e pela medição de volume em provetas. Ainda nessa fase de

adaptação foram apresentadas duas situações-problemas, nas quais os alunos deveriam propor os procedimentos experimentais para resolvê-las.

Por se tratar da primeira atividade experimental com tal abordagem, o primeiro caso envolveu uma situação simples e de baixo grau de investigação, como defende Borges (2002a). O problema apresentado foi: “Você está recebendo uma amostra contendo água e óleo. É possível separar os componentes dessa mistura? Elabore um roteiro com os passos necessários para resolver o problema proposto”

Inicialmente, os alunos relataram por escrito e individualmente o procedimento que seria adotado. Essa fase se constituiu na primeira etapa proposta por Castorina (2001) para a coleta de dados referentes aos experimentos. Em seguida, os alunos se dividiram em quatro grupos, e antes de efetuar a separação, os mesmos relataram por escrito o procedimento experimental para resolver o problema, conforme a segunda etapa mencionada por Castorina (2001). Após o relato, os alunos realizaram a separação dos componentes da mistura.

Durante o seu desenvolvimento, foi possível observar que os alunos demonstraram facilidade com os procedimentos, embora tenham relatado que nunca utilizaram vidraria igual ou objeto semelhante aos disponibilizados para a resolução do problema proposto. Não foi observada nenhuma dúvida relacionada a essa técnica de separação. Ao final da atividade, cada grupo expôs aos demais a maneira como resolveu o problema, de acordo com a terceira etapa proposta por Castorina (2001).

A segunda situação-problema envolveu um grau de investigação maior que a primeira. Além dos procedimentos de laboratório, exigiu-se dos alunos o conhecimento de alguns conceitos. O pesquisador não forneceu nenhum roteiro experimental, ou seja, os alunos deveriam propor o procedimento que julgassem coerente para resolver o seguinte problema: “Você está recebendo 100 mL de uma amostra de água salgada. Que procedimento você deve adotar para descobrir a quantidade de sal presente em 1 litro dessa solução? Elabore um roteiro experimental relatando os passos para tal procedimento.”

Assim como no experimento anterior, os alunos inicialmente relataram por escrito e individualmente o procedimento experimental que adotariam, de acordo com a primeira etapa proposta por Castorina (2001). Em seguida, os mesmos se dividiram em

quatro grupos e relataram, por escrito, o procedimento para resolver o problema, conforme a segunda etapa salientada por Castorina (2001).

Nessa atividade foi possível observar que os alunos apresentaram duas dificuldades. A primeira estava relacionada a uma etapa do procedimento experimental. Com o intuito de determinar a quantidade de sal presente em uma solução, um caminho possível para os alunos seria a pesagem do béquer vazio e, após esta operação, a adição da solução ao béquer e o seu aquecimento até eliminar toda a água existente no recipiente e, por fim, a pesagem do béquer contendo o material restante (sal). Dessa maneira, a diferença entre o béquer com sal e o béquer vazio daria a quantidade de sal presente na amostra.

O procedimento adotado por três grupos foi de aquecer a solução e, após a eliminação de toda água, tentar retirar o sal contido no béquer com uma espátula. Desse modo, os alunos não conseguiram recolher todo o sal do recipiente, ocasionando um resultado diferente do esperado. Um dos grupos pesou um outro béquer e efetuou a diferença, encontrando um valor inadequado para a massa de sal. Entretanto, esse procedimento não é adequado, uma vez que os béqueres são diferentes entre si, mesmo sendo da mesma marca.

Após a realização da atividade, cada grupo expôs aos demais o caminho adotado para resolver o problema, conforme a terceira etapa defendida por Castorina (2001). O pesquisador sistematizou as informações referentes à atividade e os alunos compreenderam os motivos que os levaram a um resultado diferente do esperado.

Outra dificuldade encontrada foi em relação à extrapolação do resultado. Os alunos receberam 100 mL de uma solução contendo água e sal e foi solicitado que os mesmos determinassem a quantidade de sal adicionado em 1 L da mesma. Três grupos não souberam responder tal questão, entregando apenas o resultado do sal presente em 100 mL e um dos grupos sugeriu que o procedimento deveria ser feito dez vezes para resolver o problema. Essas dificuldades foram trabalhadas através de uma discussão teórica.

Além dessas dúvidas, os alunos apresentaram dificuldade com a utilização do bico de Bunsen. Nesse caso, ficou claro que o problema estava relacionado à falta de familiaridade com o objeto. Assim, a dificuldade discente não deve ter relação com a

falta de um conceito ou ao desenvolvimento de um raciocínio incorreto, mas apenas a necessidade de desenvolvimento de uma habilidade pouco (ou nunca) exigida.

Após essa etapa de familiarização com a abordagem investigativa e com as técnicas de laboratório, deu-se início aos experimentos investigativos relacionados ao tema “Combustíveis”.

### **Experimento 1: Como obter o álcool a partir do caldo de cana?**

A discussão deste tópico teve início com um debate sobre o álcool combustível. Essa etapa é de fundamental importância no desenvolvimento da cidadania, como aponta Santos e Schnetzler (2003). Como ferramenta de auxílio para a sua realização, os alunos assistiram a três vídeos (os detalhes sobre os mesmos se encontram ao final das referências bibliográficas). Um deles abordava o Etanol como uma fonte de energia alternativa, além de discutir as oportunidades de trabalho e a corrida dos países europeus na produção do etanol. Um fato que chamou a atenção dos alunos foi a informação de que na Europa, principalmente na Espanha, Alemanha e França o álcool é obtido por meio da beterraba, trigo e uva. Este documentário apresentou ainda alguns desafios a serem superados, tais como a melhoria do rendimento desse combustível em comparação aos outros e a geração de empregos de qualidade, principalmente na colheita da cana.

O segundo e o terceiro vídeos apresentaram o dia-a-dia dos cortadores de cana. Em um deles, uma reportagem de televisão realizou uma blitz para mostrar a rotina dos cortadores de cana. Os alunos ficaram revoltados com as péssimas condições de trabalho dessas pessoas. Esse fato ficou evidenciado no debate e nos relatos escritos pelos mesmos.

Além dos vídeos, os alunos receberam um material contextualizado (apêndice 2) contendo um conjunto de informações referentes ao álcool, tais como as suas vantagens e desvantagens em relação aos outros combustíveis, assim como alguns aspectos sociais e econômicos relativos à produção e uso desse combustível. A contextualização é fundamental no desenvolvimento das atividades experimentais investigativas, como apontam Zuliani (2006) e Wartha e Faljoni-Alário (2005). Esse

material ainda apresentava dois *gráficos* (sendo um referente à produção mundial de etanol e o outro sobre as terras cultiváveis no Brasil) e duas *charges* com o intuito de auxiliá-los na construção de argumentos, além de uma questão norteadora para incitar o debate.

A partir da leitura coletiva do texto, o pesquisador apresentou a seguinte questão norteadora: “Como resolver o seguinte problema: é melhor gerar empregos de péssima qualidade ou substituir os trabalhadores por máquinas?”. O debate teve duração de 59 minutos e contou com a participação dos oito alunos. Vale destacar que as citações selecionadas dos alunos são apresentadas no trabalho em seu formato original, sem correção de ortografia, pontuação ou forma de escrita.

Do total de participantes, quatro alunos participaram intensamente das discussões, inclusive acrescentando outros assuntos, como o biodiesel e outras fontes de obtenção de energia. Dois alunos opinaram quando questionados, e dois deles apenas concordaram com a posição dos demais. Ao serem questionados sobre a falta de participação no debate, os alunos apontaram a insegurança que sentiam em relação ao assunto discutido, como relatado no depoimento:

[...] debates gostei mais sempre tive um medo de falar, pois muitas vezes não sabia se estava certo.

Além disso, os alunos apontaram a timidez como um fator determinante na participação dessa atividade. Após o debate, os alunos relataram individualmente e por escrito a sua opinião sobre a questão apresentada.

A partir dos relatos escritos, pode-se constatar que quatro alunos opinaram sobre a manutenção dos trabalhos de péssima qualidade em detrimento da substituição dos trabalhadores por máquinas, de acordo com os depoimentos:

[...] objetivamente é melhor que continue o trabalho escravo. (Aluno A)

Na minha opinião seria melhor deixar os trabalhadores com seus empregos; pois se substituir por máquinas, passariam a passar fome; porque a cada dez trabalhadores seriam substituídos por um, muitos passariam a passar fome; e isso seria pior, do que já é. (Aluno D).

[...] a solução para os escravos é optar pelo emprego sem máquinas, pelo menos eles terão como comer e dormir. e se trocar por máquinas eles não

terão como comer e com o emprego pelo menos terão como comer e dormir. (Aluno H)

Então o melhor a fazer é continua com a mão de obra péssima, tendo junto algumas vantagens. (Aluno F)

Ficou evidente que a maior preocupação dos alunos é em relação ao desemprego gerado caso os trabalhadores sejam substituídos pelas máquinas. No entanto, três dos alunos que opinaram sobre a manutenção do trabalho de péssima qualidade citaram a importância de uma mudança nas condições de trabalho dos cortadores de cana,

Para que esse problema seja (sic) resolvido eu acho que deveria dar um trabalho digno a eles em condições de higiene, um bom salário e que não explore os bóias-Frias, onde existisse uma Lei que obrigasse semanalmente uma fiscalização sem qualquer excessão (sic) para que não haja nenhum problema. (Aluno A)

O governo poderia pensar mais nesses trabalhadores... e dar salário honesto para os escravos e emprego nas indústrias. (Aluno H)

Então o melhor a fazer é continua (sic) com a mão de obra péssima, tendo junto algumas vantagens. Ex: No aumento do salário como também tendo um horário melhor ao começo e o termino do turno na colheta (sic). Mais (sic) será que todos pensam assim? Infelizmente (sic) neim (sic) todos (Aluno F)

Do total de alunos que participaram do debate, três argumentaram que a melhor saída para o problema seria a substituição dos cortadores de cana pelas máquinas.

Na minha opinião se o trabalho nas usinas continuar assim, eu sou a favor de máquinas. (Aluno B)

Na minha opinião o melhor jeito de resolver esse problema seria substituir os trabalhadores por máquinas acabando assim com o 'trabalho escravo'. (Aluno G)

[...] mas com um maior rendimento da máquina poderia haver mais empregos na área de produção, assim sendo, os desempregados por culpa da máquina poderiam empregar-se novamente nessa área de produção, sendo isso uma melhor solução à esse problema. (Aluno C)

Ainda dentro dessa categoria, o aluno C alegou que a falta de emprego ocasionado pela substituição dos trabalhadores pelas máquinas poderia ser amenizada

se as indústrias dessas máquinas empregassem esses mesmos trabalhadores, apresentando, assim, uma possível solução para o problema.

No geral, quatro alunos que participaram do debate destacaram a importância de se melhorar as condições de trabalho dos cortadores de cana. Entre as sugestões apresentadas, destacam-se: salário digno, moradia com condições de higiene, horário de almoço adequado, carga horária estabelecida, cesta básica, transporte uma vez por semana para os trabalhadores fazerem compras em supermercados, etc.

Apenas um aluno não deixou claro no relato escrito o seu ponto de vista sobre a questão. Ele discute algumas vantagens e desvantagens da utilização do álcool como combustível e descreve os problemas enfrentados pelos cortadores, porém não se posiciona em relação à questão.

Já um dos problemas mais agravantes é o trabalho escravo dos bóias-frias, essas pessoas são judiadas passando fome, e dificuldades de sobrevivência.  
(Aluno E)

No entanto, o aluno E apresentou-se a favor da substituição dos cortadores de cana pelas máquinas durante a realização do debate. Desse modo, podemos inferir a sua opinião sobre a questão. Pôde-se constatar que os demais alunos mantiveram a opinião apresentada durante o debate no relato escrito. Essa atividade, como aponta Santos e Schnetzler (2003), contribuiu significativamente para o desenvolvimento de uma educação voltada para a cidadania.

Após o debate, deu-se início à primeira atividade experimental investigativa. O experimento selecionado foi a produção do álcool a partir do caldo de cana. Para a sua realização, os alunos receberam um material (apêndice 3) contendo algumas informações conceituais importantes e uma situação-problema aberta a ser resolvida experimentalmente, como defende Gil-Pérez e Castro (1996). Deve-se enfatizar que parte das informações de que os alunos dispunham nesse material era necessária para a resolução do problema proposto e que, sem o domínio destas, seria

praticamente impossível que os mesmos apresentassem qualquer proposta de procedimento coerente<sup>1</sup> (LEWIN; LOMASCÓLO, 1998).

A primeira informação presente no material se referia ao processo de fermentação, definido como um tipo de reação química que produz etanol e gás carbônico a partir da ação de microorganismos sobre os açúcares, em temperatura apropriada, de acordo com a reação 5.



O texto informava que os microorganismos estavam presentes no fermento biológico (leveduras). Além disso, apresentava uma tabela contendo a composição média da garapa (quantidade de água, açúcares, fibras e sólidos solúveis). Esse material continha apenas um resumo com as principais informações teóricas, uma vez que as discussões envolvendo os principais conceitos se deram no início do minicurso.

Diante dessas informações, os alunos foram desafiados a propor um procedimento experimental visando resolver a seguinte situação-problema: “Como obter álcool a partir do caldo de cana?”. Em seguida, os alunos relataram individualmente e por escrito o procedimento experimental que adotariam para resolver o problema apresentado, sendo a primeira das três etapas propostas por Castorina (2001) para a coleta de dados referente aos experimentos.

Em um primeiro momento, os alunos apresentaram dúvidas em relação ao procedimento que adotariam. Perguntas como “*O que eu faço agora?*”; “*É isso que eu faço?*”; “*Está certo o que estou pensando?*” foram constantes durante a aula. Isto se deve a falta de segurança proveniente de um comportamento passivo proporcionado em geral, pela abordagem tradicional de ensino, na qual os alunos recebem as informações prontas (AZEVEDO, 2004). Foi observado que os alunos apresentaram dificuldades em relatar por escrito o procedimento experimental adotado. Alguns, inclusive, conheciam o procedimento, mas não conseguiram expressá-la por escrito.

---

<sup>1</sup> o termo coerente estará sendo usado no contexto da discussão das atividades realizadas com os alunos no sentido de coerente com o esperado pelo conhecimento sistematizado no campo da Química.

A partir dos relatos escritos, pode-se constatar que três alunos propuseram a mistura entre o caldo de cana e o fermento biológico a uma temperatura ideal, que corresponde à atividade ótima das leveduras, de acordo com os relatos a seguir.

Inicialmente colocamos o fermento biológico juntamente com a garapa no erlenmeyer e, mantendo essa mistura na temperatura ideal para que o fermento haja (sic), obtemos o etanol. (Aluno C)

Eles usam tipo de fermento que absorve os açúcar e libera álcool e CO<sub>2</sub>. É só coloca (sic) fermento na garapa dentro de uma garrafa fechada e o fermento faz com que separa garapa de álcool e CO<sub>2</sub>. (Aluno G)

Obtemos álcool a partir do caldo cana aquecendo-o com fermento que irá produzir etano (sic) a partir da ação de microorganismos sobre os açúcares em uma certa temperatura. (Aluno B)

É importante ressaltar que o valor da temperatura ideal mencionada pelos alunos não constava no material que receberam; no entanto, foi discutido juntamente com o conceito de fermentação no início do minicurso. Um dos alunos propôs a adição do fermento à garapa e posterior fervura da solução, de acordo com o trecho descrito a seguir.

Inicialmente faz-se a fermentação do açúcar, mistura-se o caldo de cana com o fermento, deixe fermentar, depois aquece até ferver. (Aluno A)

Esse aluno não levou em consideração um aspecto fundamental do processo de fermentação, que é a temperatura ideal para a atividade ótima das leveduras. Esse processo também ocorre em temperaturas menores, porém em um tempo maior do que à temperatura considerada ideal (em torno de 35°C). Em temperaturas acima da ideal, o processo não ocorre, pois inativam os microorganismos responsáveis pelo processo de fermentação.

Outro procedimento encontrado foi proposto pelo aluno D, que sugeriu adicionar o açúcar ao caldo de cana. Essa proposta se deu pela falta de atenção às informações, uma vez que os alunos receberam um texto contendo a composição média da garapa. O trecho abaixo ilustra o caminho adotado pelo aluno.

Primeiramente eu iria colocar açúcar para reagir com o fermento, isso seria um processo de fermentação, que produzirá etanol e gás carbônico a partir da ação de microorganismos. (Aluno D)

É evidente que o aluno D não se atentou para o fato do caldo de cana possuir a quantidade de açúcar necessária para a produção do álcool. Diante disso, fez-se necessário, segundo o aluno, adicionar o açúcar para que a fermentação ocorresse.

Os alunos E, F e H relataram procedimentos experimentais bem confusos. O trecho a seguir descreve o procedimento experimental adotado pelo aluno E.

Adquirir (sic) os componentes, ferver a água com o sólidos solúveis, após fermentado juntar água, composição, fibra. (Aluno E)

Ao ser questionado sobre o procedimento adotado, o aluno E argumentou que seriam necessários todos os materiais presentes na tabela (água, açúcares, fibras e sólidos solúveis) para resolver o problema. Após obter esses componentes, deveria ferver a água juntamente com o sólido solúvel e nessa mistura, adicionar o fermento e só depois de terminado o processo de fermentação deveria acrescentar a água e fibras. Através do relato escrito e de sua explicação sobre o procedimento, notou-se que o mesmo não elaborou as hipóteses tendo como base as informações contidas no material de apoio. Nesse caso, ficou evidente que o aluno não compreendeu o processo de leitura de informações em tabelas, embora tal aspecto fosse trabalhado juntamente com as informações teóricas e procedimentais referentes às atividades experimentais no início do minicurso.

O aluno F também apresentou um procedimento incoerente com as informações, como descrito abaixo:

Para desenvolver a fermentação iremos utilizar etanol e gás carbônico. Na fermentação iremos produzir uma reação química mantendo as mistura em uma temperatura apropriada. (Aluno F)

Ao ser questionado sobre o procedimento, o aluno F apontou o dedo para os produtos da reação química ( $C_6H_{12}O_6 + \text{leveduras} \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ ) e argumentou que adicionaria o dióxido de carbono ao etanol. Percebeu-se que o aluno

não compreendeu o processo de fermentação, e o simples fato dos produtos mencionados estarem do mesmo lado da reação fez com que levasse a essa interpretação.

O aluno H também apresentou incoerência no procedimento adotado, como relatado a seguir:

Iremos utilizar o bico de Bunsen para aquecer a guarapa (sic) para virar açúcar. Junto com a levadura (sic) para resultar o etanol + gás dióxido de carbono. (Aluno H)

Nesse caso, o aluno indicou a necessidade de se produzir o açúcar inicialmente, para depois adicionar o fermento. Assim, o mesmo não percebeu que o açúcar estava presente na solução e que a adição do fermento deveria ser realizada diretamente na garapa. Novamente, esse fato evidenciou a falta de atenção ou mesmo dificuldade de compreensão dos alunos na leitura, pois o texto e as discussões realizadas no início do minicurso forneceram subsídios para a resolução do problema. Tanto na resolução individual quanto em grupo, os alunos propuseram hipóteses visando resolver o problema proposto. Essa etapa, como aponta Gil-Pérez (1992) é uma das mais importantes dentro de uma atividade de investigação. Ao final da atividade, o pesquisador recolheu os relatos e deu prosseguimento à próxima etapa.

É interessante observar as diferentes idéias que surgem entre os alunos quando estes possuem a liberdade de propor um procedimento para resolver um problema na ausência de um roteiro pré-determinado. Tal constatação corrobora com as afirmações de Duschl (1998).

A partir da análise dos relatos individuais e das anotações do pesquisador, pode-se constatar que os alunos A, E, F e H apresentaram dificuldades na compreensão dos conteúdos abordados, e conseqüentemente, na elaboração de uma proposta coerente para a resolução do problema apresentado. Dessa maneira, os alunos E, F e H apresentaram procedimentos experimentais incoerentes com as informações, enquanto o aluno A apresentou um procedimento parcialmente coerente. A incoerência se deu na segunda parte da proposta, na qual o aluno apontou a necessidade de ferver a solução contendo o fermento, o que inviabiliza a produção do álcool.

Os alunos B, C, D e G apresentaram o domínio dos conteúdos necessários à resolução do problema. Desses, apenas o aluno D não soube utilizá-los na elaboração de um procedimento experimental coerente visando à resolução do problema. Tal aluno não levou em consideração a quantidade de açúcar presente no caldo de cana, o que ocasionou a sugestão de adicioná-lo a solução.

Desse modo, três alunos (B, C e G) propuseram procedimentos experimentais coerentes, um aluno (A) parcialmente coerente e quatro (D, E, F e H) propuseram procedimentos incoerentes com as informações conceituais e procedimentais fornecidas previamente. Tais informações estão resumidas na tabela 3.

Após a etapa individual, os alunos dividiram-se em grupos, sendo cada um composto por dois alunos. Antes da realização da atividade experimental, os grupos relataram por escrito o procedimento experimental adotado para resolver o problema apresentado. A discussão em grupo se constituiu na segunda etapa de interação social proposta por Castorina (2001).

A partir dos relatos escritos, constatou-se que dois grupos adotaram o procedimento experimental coerente com o problema apresentado. O trecho que segue descreve o caminho adotado pelos alunos C e G.

Inicialmente usamos o bico de Bunsen para manter a temperatura da garapa em torno de uns 30° C, depois adicionamos o fermento biológico, tampamos o recipiente e colocamos na estufa para manter a mesma temperatura para que o fermento possa agir. (Alunos C e G)

Os alunos C e G não demonstraram dificuldades para a elaboração do texto em grupo. Os dois participantes apresentaram soluções individuais coerentes com o problema, e na elaboração em dupla os mesmos mantiveram a idéia. No entanto, detalharam melhor o procedimento experimental e as vidrarias utilizadas, como por exemplo, o bico de Bunsen, a temperatura ideal para o processo de fermentação e o local no qual o recipiente seria armazenado após a mistura.

Os alunos A e B também apresentaram um procedimento coerente, de acordo com o relato:

Inicialmente mistura-se a garapa com o fermento biológico em um béquer, depois aqueça com o bico de bunsen assim o açúcar reagirá com os

microorganismos e em uma certa temperatura dará a uma reação química e resultará em etanol. (Alunos A e B)

O aluno B relatou um procedimento coerente, enquanto o aluno A apresentou uma etapa do experimento incorreta que inviabilizava a formação do álcool, pois, para ele, a solução deveria ser fervida. Após a discussão em grupo, os mesmos chegaram a um consenso sobre o procedimento que adotariam, prevalecendo assim, o argumento defendido pelo aluno B.

Em um dos grupos houve um desentendimento entre dois membros. Isso aconteceu porque um dos alunos não concordou com a opinião do outro. Dessa maneira, eles discutiram entre si e um aluno mudou de grupo, enquanto o outro realizou a atividade sozinho. Por decisão do aluno E, o mesmo optou pela realização do experimento individual ao invés de juntar-se a outro grupo. Tal fato manifestou a dificuldade dos alunos trabalharem em grupo de forma cooperativa. Assim, um dos grupos ficou com três alunos enquanto o outro ficou com apenas um.

Esses dois grupos formados apresentaram procedimentos experimentais incoerentes com as informações fornecidas. O trecho a seguir mostra o procedimento seguido pelos alunos D, F e H.

[...] colocaríamos o açúcar para reagir com o fermento para isso iremos utilizar o bico de bunsen, o gás e o béquer. Ao acender o fogo iremos colocar dentro do béquer o açúcar, fermento e a garapa, para reagir no processo de fermentação gerando então o etanol (álcool) (Alunos D, F e H).

Nesse grupo, os três alunos apresentaram procedimentos experimentais individuais incoerentes. Nesse caso, ficou evidente que o procedimento adotado pelo aluno D prevaleceu sobre os demais, pois o relato do grupo é muito próximo do aluno D. Esse mesmo grupo relatou as quantidades de cada substância utilizada no experimento: 250 mL de garapa; 1 quadrado de fermento e 25 mL de açúcar. No caso, o grupo não levou em consideração o fato da garapa apresentar grande quantidade de açúcar na sua composição.

O aluno E realizou a atividade experimental sozinho e o procedimento adotado foi:

Unir a levedura (sic) + açúcar + água. Ferver a garapa, pois ela que nos dá o teor de açúcar [...] (Aluno E)

O procedimento experimental escrito novamente pelo aluno E sofreu alteração em relação ao primeiro. Tal fato se deu por meio do contato do mesmo com o seu colega antes do desentendimento, já que este apontou adição do açúcar ao fermento (levedura). No entanto, o aluno apontou a necessidade de se ferver a mistura, desconsiderando a temperatura ideal para o processo de fermentação.

A partir da análise, pode-se constatar que o grupo formado pelos alunos A e B e o grupo dos alunos C e G relataram procedimentos experimentais coerentes, enquanto o grupo formado pelos alunos D, F e H e o grupo composto pelo aluno E apresentaram procedimentos incoerentes com as informações. Sendo assim, dois grupos propuseram procedimentos experimentos coerentes e dois grupos propuseram procedimentos incoerentes com as informações.

Após o relato em grupo, o professor recolheu o texto escrito pelos alunos e os mesmos deram início ao procedimento experimental descrito. Para a sua realização foram oferecidos todos os materiais que os alunos necessitavam, como a garapa, fermento biológico, açúcar, béquer, kitassato, bico de Bunsen, entre outros. Além desses, os alunos estavam liberados para utilizarem qualquer outro material disponível no laboratório, desde que não oferecessem riscos. Além desses materiais, o pesquisador colocou à disposição dos alunos a estufa, aparelho utilizado para manter o sistema a uma determinada temperatura, no caso, em torno de 35 °C.

No começo da atividade, os alunos sentiram-se tímidos e com receio de realizar o experimento na incerteza do procedimento a ser utilizado. Isso foi verificado nas falas dos alunos: “Professor, e se eu fizer errado, o que acontece?”; “Professor me fala se estou fazendo certo”. Observou-se que a preocupação geral dos alunos era a de não realizar o experimento corretamente, por isso houve um questionamento intenso anteriormente à atividade.

O grupo formado pelos alunos C e G tomou a iniciativa, enquanto os demais ainda discutiam o procedimento. A primeira dificuldade encontrada pelo grupo foi a de ajustar a temperatura do sistema de modo que os microorganismos tivessem a sua atividade ótima. Para isso, os alunos introduziram um termômetro dentro do

recipiente contendo a garapa e verificaram que a temperatura estava em 14° C, abaixo da ideal, compreendida na faixa de 30 - 35° C. Os alunos utilizaram o bico de Bunsen para elevar a temperatura do sistema e realizaram a atividade conforme o procedimento já descrito.

O grupo formado pelos alunos D, F e H realizou a atividade experimental sem dificuldades. Esses alunos adicionaram o açúcar ao béquer contendo a garapa e em seguida levaram a solução ao fogo. Os membros desse grupo apresentaram dificuldades para realizar a leitura de temperatura no termômetro. Após tirar essa dúvida, os alunos aqueceram a solução até atingir a temperatura ideal e encerraram o experimento.

O grupo formado pelos alunos A e B realizou o experimento duas vezes, isso aconteceu porque os mesmos esqueceram a solução aquecendo e quando perceberam esta já estava fervendo. Diante disso, os alunos começaram novamente o experimento e não tiveram dificuldades para o seu desenvolvimento. Nesse caso, a falha não estava relacionada a um procedimento incorreto e sim à falta de atenção dos alunos, pois o grupo relatou um procedimento experimental coerente no relato escrito.

O aluno E realizou a atividade experimental sozinho. O procedimento adotado foi misturar açúcar e água ao caldo de cana. Esse aluno diferenciou-se dos demais no quesito dos materiais utilizados, pois o mesmo utilizou funil, pipeta e proveta. No caso, a proveta serviu para medir uma determinada quantidade de caldo de cana que seria adicionada ao béquer, a pipeta para retirar o excesso da proveta e o funil para devolver esse excesso no recipiente contendo o caldo de cana. Uma etapa incorreta no procedimento do aluno E ocorreu pela fervura da solução, pois o mesmo não levou em consideração a temperatura ideal para o processo de fermentação.

Ao término da atividade, os alunos colocaram a solução resultante na estufa a uma temperatura de 35°C. Essa etapa é importante, pois a fermentação é um processo que não ocorre instantaneamente, necessitando assim de um tempo para que as leveduras possam se multiplicar e proporcionar o efeito desejado. Deve-se levar em consideração a temperatura do sistema para que os microorganismos tenham sua atividade máxima no processo. Sendo assim, os alunos verificaram a produção do álcool, por meio do olfato, apenas no dia seguinte ao experimento. É importante

mencionar que a identificação do álcool se deu pelo forte cheiro deste composto presente no ambiente no qual foi armazenado.

É necessário ressaltar a importância do aluno nesse processo de construção do conhecimento, uma vez que este assume um papel ativo na sua aprendizagem, conforme pressuposto defendido por Coll (1998).

A partir da análise dos relatos em grupo e das anotações realizadas pelo pesquisador, foi possível constatar a elevada participação dos alunos no trabalho em grupo, tanto na contribuição de idéias quanto na execução do experimento. Apenas os alunos F e H não contribuíram com idéias nas discussões em grupo, embora tenham relatado um procedimento em um primeiro momento. Ao serem questionados, os mesmos apontaram que as idéias defendidas na etapa individual estavam incorretas, e que as mesmas não deveriam ser levadas em consideração. Sendo assim, a resolução proposta pelo aluno D prevaleceu sobre as demais.

Em relação à execução da atividade experimental, apenas o aluno G não participou intensamente da tarefa. Enquanto o seu companheiro realizava a atividade, ele circulava pelo laboratório acompanhando o procedimento dos demais grupos e mexendo em equipamentos e vidrarias do laboratório. Insistentemente, o pesquisador solicitava que ajudasse o seu companheiro, uma vez que se tratava de um trabalho em grupo. No entanto, o aluno ajudava na hora da solicitação e instantes depois, abandonava o companheiro.

Por meio da interação entre os alunos nos grupos, pode-se perceber a dificuldade que alguns apresentaram para trabalhar em grupo. Tal fato foi evidenciado em dois momentos, um deles no desentendimento entre os alunos E e H ocasionado pela discordância de opiniões e o segundo na ausência de auxílio do aluno G, que ficou se deslocando de um lugar para outro durante a atividade. Esses alunos desrespeitaram não apenas o trabalho em grupo, como também as regras de funcionamento da turma como, por exemplo, respeitar a opinião dos outros, cooperar com os companheiros de grupo e com os demais grupos, etc. Dessa maneira, concluiu-se que os alunos E, G e H não cooperaram com o trabalho em grupo durante a realização do experimento.

Ainda em relação à execução das atividades experimentais, pode-se perceber que os alunos A, C, D e E foram persistentes durante a sua realização. Tais alunos estimularam os companheiros de grupo a participarem dos experimentos, e em alguns momentos, a realizá-los novamente, como ocorreu no grupo formado pelos alunos A e B. Em relação à manipulação dos equipamentos e vidrarias, constatou-se, com exceção do aluno C, que todos apresentaram dificuldades. Tal fato se deve a falta de familiaridade dos alunos com os aparatos, uma vez que essas habilidades são pouco exploradas na escola. É importante ressaltar que essa dificuldade não comprometeu a resolução do problema.

Um fato a ser mencionado se deve à falta de confiança em si apresentada pelos alunos durante o planejamento e execução do experimento. Nenhum aluno apresentou confiança no seu planejamento, o que evidencia uma insegurança proporcionada pela abordagem tradicional de ensino, na qual os alunos recebem passivamente um conjunto de informações e reproduzem, sem ao menos questionar o professor o que de fato está acontecendo naquela situação.

Outros aspectos merecem destaque, tais como a curiosidade e a motivação, que estão diretamente relacionadas entre si. Os alunos C, D, E e G apresentaram curiosidade em relação ao problema e conseqüentemente motivação em propor uma solução. Embora tenha apresentado curiosidade em relação ao problema, o aluno F não apresentou motivação para a tarefa. Ao ser questionado, o mesmo argumentou que a dificuldade em propor um procedimento influenciou a sua opinião. É interessante ressaltar que os alunos A, B e H não apresentaram curiosidade em relação ao problema. Ao serem questionados, os alunos A e H mencionaram o tema escolhido (“combustíveis”) como fator relevante na desmotivação, ao passo que o aluno B apontou a dificuldade em propor uma solução como principal obstáculo na realização da tarefa.

Após a realização do experimento, os alunos estavam interessados em saber se os procedimentos adotados por eles estavam corretos; “Professor, fiz certo?”; “consegui fazer o álcool?”; “acho que deu tudo errado”. Além disso, os alunos pediram para o professor relatar o procedimento correto para a produção do álcool; “Agora que a gente terminou você vai ensinar como que faz?”; “E agora, você vai ensinar?”.

Antes da apresentação do experimento pelo pesquisador, deu-se início a terceira etapa proposta por Castorina (2001), caracterizada pela discussão entre os grupos. Nessa fase, cada grupo expôs aos demais a maneira como resolveu o problema proposto. Essa etapa, de acordo com Gil-Pérez e Castro (1996), corresponde à divulgação do trabalho para o coletivo. Os depoimentos a seguir correspondem aos trechos selecionados que foram transcritos a partir da filmagem. Esses depoimentos não foram transcritos na íntegra.

Bom, a gente pegou o kitassato aí né, [...] aí a gente mediu a temperatura da garapa, [...] porque tava muito baixa, porque pro fermento agir tem que estar entre 30 e 35° C. A gente mediu, estava muito baixo. A gente pegou o Bico de Bunsen e esquentou até chegar aos 30-35° C. Aí a gente misturou o fermento e colocou no Kitassato, o fermento e a garapa juntos, tampamos e levamos para a estufa pra manter essa temperatura, para que o fermento aja. (Alunos C e G)

A gente misturou a garapa com o fermento, né, e a gente esquentou no bico [...], a gente olhou a temperatura pra ver se tava bem perto de 35 para reagir os microorganismos. (Alunos A e B)

Nós pegamos o fermento e juntamos junto com o açúcar e junto com a garapa. Começamos e colocamos no Bico de Bunsen para poder ficar entre 30 a 35° para o fermento fazer a fermentação. Aí, a gente pegou, mexeu um pouco [...] e levou na estufa. (Neste momento, o professor pede para o grupo relatar o motivo pelo qual o grupo adicionou o açúcar ao caldo de cana) [...] o açúcar na garapa? É pra reagir junto com a garapa, entendeu? Pro fermento reagir mais, entendeu? Pra reagir mais. (Alunos D, F e H)

[...] Fervi no bico de Bunsen para ele se soltar mais, depois eu fiz a fermentação, medi com um termômetro para manter as condições de grau do fermento pra não matar as... esses negócios lá. (Aluno E)

Durante a discussão, cada grupo expôs aos demais o procedimento realizado. Nenhum grupo adotou procedimento ou etapa diferente da descrita no relato em grupo. Após essa etapa, o pesquisador sistematizou as informações dadas pelos alunos, e promoveu uma discussão geral sobre o experimento realizado, como aponta Azevedo (2004). Além disso, foram discutidos os problemas enfrentados pelos mesmos durante a atividade experimental. Através da discussão entre os grupos, foi possível observar a participação intensa dos alunos C, E, G e H, tanto nessa etapa quanto no debate inicial. Os alunos A e B opinaram quando questionados, enquanto os alunos D e

F apenas concordaram com a opinião dos demais. Ao serem questionados, apontaram a timidez e insegurança como fatores determinantes para a baixa participação.

Pode-se constatar, como defendido por Pozo (1998) que os alunos propuseram procedimentos experimentais combinando os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Além disso, notou-se que os mesmos apresentaram dificuldades na elaboração do procedimento experimental para a resolução do problema apresentado, como salienta Reigosa e Jiménes (2000).

Para encerrar o assunto “álcool”, os alunos responderam em grupo um questionário (apêndice 5), com o intuito de se levantar as dificuldades enfrentadas, bem como retomar uma questão originada no debate. A partir da análise dos mesmos, pode-se constatar que apenas um grupo não apresentou dificuldades durante a realização do experimento, como pode ser visto nos trechos a seguir,

A única dificuldade que encontramos era a de saber se o que estávamos fazendo estava correto. (Alunos A e B)

[...] uma por estar sozinho e outra por não saber da mistura esata (sic). (Aluno E)

Sim, tivemos dúvidas se iria açúcar ou não, acabamos colocando para reagir com a garapa. (Alunos D, F e H)

Após a discussão entre os alunos, dois grupos mudariam o procedimento experimental adotado, enquanto os outros dois não mudariam. Entre os alunos do primeiro grupo, destacam-se os depoimentos:

Primeiro colocar a garapa e o fermento no pico de Bunsen até chegar a uma temperatura de 30 a 35 ° C depois levar a estufa. (Alunos D, F e H)

Esquentar a 30° C o fermento com água, adicionar a garapa, após adicionar tudo, levar ao fogo com 30° graus também. (Aluno E)

A terceira questão presente no questionário retomou a discussão iniciada no debate: “Considerando os problemas e vantagens da utilização de álcool como combustível, debata com o grupo se o Brasil deve continuar investindo na produção deste combustível. Justifique a decisão tomada pelo grupo”.

A partir dos relatos dos alunos, foi possível observar que todos os grupos foram favoráveis ao investimento do Brasil na produção do álcool. Os dois motivos mais levantados para justificar tal decisão se referem ao entendimento da sua economia em relação aos outros combustíveis e ao fato de ser um combustível menos poluente do que os derivados do petróleo.

A seguir, será apresentada uma tabela contendo um resumo das análises referentes ao experimento. As categorias foram adaptadas a partir da classificação proposta por Pato (1997) e as avaliações realizadas segundo os critérios apresentados no procedimento metodológico (p.38). No seu preenchimento foram utilizados os termos “S” e “N”, que significam respectivamente “Sim” e “Não”. Se por exemplo, no campo referente ao domínio dos conhecimentos básicos o aluno A apresentar a letra “N”, significa que o mesmo não apresentou o domínio dos conhecimentos básicos.

Na tabela a seguir procuramos apresentar de forma geral a avaliação realizada pelo pesquisador referente à participação dos alunos durante a atividade experimental envolvendo a produção do álcool.

Tabela 3: Participação dos alunos no experimento 1.

Aluno		A	B	C	D	E	F	G	H
Colaborou	Com idéias e opiniões	S	S	S	S	S	N	S	N
	Com trabalho	S	S	S	S	S	S	N	S
Respeitou as regras de funcionamento do grupo		S	S	S	S	N	S	N	N
Respeitou as regras de funcionamento da turma		S	S	S	S	N	S	N	N
Demonstrou ter iniciativa		N	N	S	S	S	N	S	N
Demonstrou Perseverança		S	N	S	S	S	N	N	N
Demonstrou Confiança em si		N	N	N	N	N	N	S	N
Demonstrou Curiosidade		N	N	S	S	S	S	S	N
Demonstrou Motivação		N	N	S	S	S	N	S	N
Demonstrou Tolerância e Espírito de cooperação		S	S	S	S	N	S	N	N
Demonstrou Gosto pela Química		N	N	S	N	S	N	S	N
Demonstrou capacidade de comunicação		N	N	S	N	S	N	S	S
Demonstrou domínio dos conhecimentos básicos		N	S	S	S	N	N	S	N
Demonstrou capacidade resolver problemas		N	S	S	N	N	N	S	N

Demonstrou compreensão do problema	S	N	N	N	S	S	N	S
Demonstrou facilidade na proposição do procedimento	N	S	S	N	N	N	S	N
Demonstrou domínio das técnicas de laboratório	N	N	S	N	N	N	N	N
Demonstrou facilidade no tratamento da informação	N	N	S	N	S	N	S	S

S: Sim; N: Não.

Os dados presentes na tabela expressam de maneira resumida as principais análises realizadas pelo pesquisador durante a atividade experimental proposta. É importante destacar que os dados assim apresentados têm a função apenas de dar um panorama geral da leitura realizada pelo pesquisador das atividades desenvolvidas.

#### **4.1.3. Terceiro encontro (30 de julho de 2008)**

##### **Experimento 2: Como determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina coletada de um posto?**

O tema discutido no terceiro dia do minicurso foi “gasolina”. Para a sua realização, os alunos receberam um texto (apêndice 6) contendo informações sobre a gasolina, tais como a sua origem, suas vantagens e desvantagens em comparação a outros combustíveis e em relação aos aspectos econômicos e ambientais. O desenvolvimento de atividades a partir de fatos cotidianos dos alunos é imprescindível durante o desenvolvimento de atividades investigativas, conforme salienta Zuliani (2006).

Ao final do texto, foi apresentada a seguinte questão para estimular o debate: “Recentemente o Brasil tem descoberto novas jazidas de petróleo, o que poderá tornar o país um exportador de petróleo em breve. Dispondo de poucos recursos para investimentos, você optaria pela construção de usinas de álcool ou de plataformas de petróleo?”

Com o intuito de fornecer subsídios para os alunos construírem seus argumentos, o texto ainda apresentava um gráfico da composição percentual de transporte de cargas no Brasil (apresentando dados que mostram que cerca de 60 % do transporte utilizado no país é o rodoviário), outro referente à distribuição de energia no Brasil (mostrando que o petróleo ainda apresenta um percentual considerável na produção de energia) e uma *charge*. Após a leitura coletiva do texto, iniciou-se o debate, que teve duração de 39 minutos e contou com a participação dos oito alunos.

Assim como no primeiro debate, quatro alunos tiveram maior participação nas discussões. Os outros respondiam apenas quando questionados e em alguns casos diziam que concordavam com a opinião dos colegas. Outras questões foram discutidas durante o debate, como por exemplo, o efeito estufa, derramamento de petróleo e os prejuízos proporcionados por esses acidentes, poluição ocasionada pelos automóveis, entre outros. Após o debate, foi solicitado que os alunos relatassem individualmente e por escrito a sua opinião sobre o problema em questão. Ao final dessa etapa, o pesquisador recolheu os relatos descritos pelos alunos. A partir da análise dos mesmos, pode-se constatar que cinco alunos foram favoráveis à construção de usinas de álcool.

Devido a alguns problemas e dificuldades, fica complicado tomar uma decisão. Mas na minha opinião eu acredito mais no investimento do álcool do que do petróleo. (Aluno A)

Investir em álcool é bom, porque é menos poluente, contribue (sic) menos no efeito estufa, além disso o álcool é uma fonte renovável, a gasolina não, um dia a gasolina vai acabar. (Aluno B)

A minha opinião é de que deve-se investir na construção de usinas de álcool, pois o petróleo um dia vai acabar, por não ser uma fonte de energia renovável, se ficamos dependente só dele futuramente teremos grandes problemas. Então o melhor seria investir agora no álcool e pesquisar mais coisas que podemos obter do mesmo. (Aluno C)

[...] Enfim deveríamos investir na construção de usinas de álcool, pois temos que pensar no futuro e o petróleo um dia irá acabar. (Aluno D)

[...] o álcool tem mais vantagens, pois ele é renovável e com isso teremos sempre eles, já a gasolina não ela pode com o tempo acabar. (Aluna H)

Dos cinco alunos favoráveis aos investimentos na construção de usinas de álcool, observou-se que quatro apontaram a preocupação com o futuro, mencionando

que a gasolina é proveniente de um recurso finito, diferentemente do álcool, proveniente da cana-de-açúcar cuja fonte é renovável.

Do total de participantes, três alunos apontaram a utilização dos dois combustíveis:

Em minha própria opinião, seria mais cômodo cultivar o setor 'suco alcooleiro' (sic) e explorar o petróleo para exportação, para render capitais fortes para ser investido no setor alcooleiro (sic). Assim averia (sic) menos poluições em nosso país. (Aluno E)

Se temos as vantagens de optar pelos dois o álcool e o petróleo, porque não investir nas duas opções. (Aluno F)

Vendemos o petróleo e com o dinheiro investimos em usinas de álcool. E mais para frente substitui pela usina de hidrogênio. (Aluno G)

Dos três alunos que mencionaram a utilização do petróleo e do álcool, dois defenderam a exploração do petróleo como meio mais eficaz de obter lucros através da exportação e utilizar esses recursos obtidos no desenvolvimento de usinas de álcool. Outras fontes de energia também foram apontadas durante o debate, como, por exemplo, o hidrogênio, descrito no depoimento do aluno G.

O aluno F apontou o uso dos dois combustíveis, sem mencionar os motivos que o levaram a tomar essa decisão. Ao ser questionado, o mesmo argumentou que se ambos apresentam aspectos positivos e negativos, a melhor saída seria a utilização dos dois.

Posteriormente ao debate, iniciou-se a atividade experimental investigativa referente ao tema "gasolina". Para a sua realização, os alunos receberam um texto (apêndice 7) contendo informações conceituais importantes para a resolução do problema, tais como porcentagem, polaridade, estrutura dos principais compostos presentes na gasolina, estrutura da água, álcool, etc. A apresentação dessas informações foi essencial para a resolução do problema proposto, pressuposto este defendido por Gil-Pérez e Castro (1996) e Lewin e Lomascólo (1998).

Ao final do texto foi apresentado o seguinte problema a ser resolvido experimentalmente: "Como determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina coletada de um posto?".

Assim como no experimento anterior, a primeira etapa da atividade consistiu no relato escrito e individual do procedimento experimental que adotariam para resolver o problema. A partir desses dados, pode-se constatar que os alunos A, B e C propuseram procedimentos experimentais coerentes para a resolução do problema;

Inicialmente pegaria uma quantidade de gasolina colocaria na proveta como a água é dissolvida com o álcool, eles são semelhantes adicionaria água pois ela não dissolveria com a gasolina. Faria a leitura de volume primeiro da gasolina e depois dela com a água, faz a conta do ML da água onde está o álcool e ver a porcentagem. (Aluno A)

Determinamos a porcentagem de álcool separando o álcool, isooctano e n-heptano são apolares, e o etanol é polar, não se dissolve com o isooctano e o n-heptano. A água se mistura com o etanol. Colocar em uma proveta, ver os ml. (Aluno B)

Inicialmente colocamos a gasolina na proveta e depois misturamos a água, pois a água e o álcool são polar e vão se misturar, já a gasolina que é apolar vai ficar separada. (Aluno C)

É importante ressaltar que a polaridade esteve presente nos três procedimentos citados, uma vez que este aspecto é determinante para a mistura ou não de diferentes compostos em uma solução. Nesse caso, a água que é polar interage com o álcool (que também é polar) presente na gasolina (que é apolar), e estes se separam da gasolina, formando duas fases, uma contendo gasolina e a outra contendo a mistura de água e álcool. Um fato interessante se observou no relato escrito pelo aluno B, no qual utilizou os nomes dos principais constituintes da gasolina (n-heptano e o isooctano).

O aluno F apresentou um procedimento coerente, conforme descrito a seguir:

Para determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina coletada de um posto primeiramente iríamos utilizar os principais materiais sendo a proveta, gasolina e a água. A gasolina vai ser dissolvida misturando a água com a gasolina (pois uma é apolar e a outra é polar). Colocaríamos na proveta a água vai ficar em cima junto ao álcool e a gasolina em baixo, então saberemos o quanto tem de um e tem do outro, podendo também utilizar o balão de separação. (Aluno F)

No entanto, o aluno cometeu um erro conceitual ao descrever que após a adição de água, ocorreu uma separação na qual a gasolina situou-se na parte inferior

da solução enquanto a mistura formada pela água e álcool na parte superior da mesma. O correto é o contrário, ou seja, a gasolina por ser menos densa situa-se na parte superior enquanto a mistura formada pelo álcool e água fica na parte inferior. Essa discussão se justifica, pois não houve discussão acerca da densidade, uma vez que este conceito não influenciou na resolução do problema apresentado.

O aluno E apresentou um relato confuso, como descrito:

Pelo teste da proveta. Utilizando a proveta o álcool se dá em destaque, na proveta em mls (sic) de gasolina, basta, mecher (sic) o componente e será detectado o teor e a presença do álcool, dissolve substâncias polares, e dissolve apolar com apolar. Por que polar dissolve polar, e apolar dissolve apolar, e como a água polar separarei em um bequer, os componentes químicos também polares. Um bequer, 2 tubos de ensaio (sic), 2 provetas com tampa. (Aluno E)

Ao ser questionado em relação ao procedimento experimental, o aluno apontou a adição de água à gasolina, e explicou que devido a sua polaridade consegue-se separar os componentes que são semelhantes a ela, no caso o álcool. Embora confuso, o aluno compreendeu a ideia do problema por meio da apresentação de argumentos embasados no conceito de polaridade. O aluno ainda citou as vidrarias que seriam utilizadas na atividade, como o béquer, tubos de ensaio e provetas com tampa.

O aluno D apresentou um procedimento parcialmente coerente, porém com inconsistência procedimental, conforme descrito:

Para determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina, eu colocaria a gasolina na proveta e misturaria com água, como a água é polar ela se misturaria com o etanol e evaporaria ficaria só a gasolina, e o tanto que evaporou era a quantidade de álcool. (Aluno D)

A falha no procedimento se deu pelo aquecimento da solução, embora tenha sido discutido com os alunos. Por se tratar de substâncias altamente inflamáveis, como o álcool e a gasolina, não se poderia manipulá-los na presença de chama. No caso, é um erro grave, uma vez que pode ocasionar acidentes. É importante ressaltar que nesse momento, não foi chamada a atenção do aluno para o fato. Esse cuidado,

porém, seria tomado apenas na hora de executar o experimento, deixando o aluno expressar o seu pensamento em todas as etapas, tanto individual quanto em grupo.

Através da análise do relato escrito pode-se constatar que dois alunos apresentaram procedimentos experimentais incoerentes com o conjunto de informações fornecidas, de acordo com os depoimentos:

Como o álcool é polar então poucas substâncias vão se mistura com a gasolina. Mas para determinar a quantidade de gasolina ou de álcool – pesamos o erlemeyer (sic) colocamo (sic) as duas misturas. E pesamos de novo. Depois fervemos numa temperatura de 50 a 60 graus ponto e ebulição de gasolina depois quano (sic) evaporá (sic) é só pesa (sic) de novo e vê a quantidade de álcool. (Aluno G)

Pegamos 3 proveta cada uma com um tipo de gasolina, depois pegamos a gasolina normal sem está aduterada (sic), depois colocaremos o álcool na gasolina e concerteza (sic) ocorrerá mudança e através disso veremos a quantidade de álcool que está misturada com a gasolina. (Aluno H)

O aluno G argumentou que o primeiro passo seria pesar o erlenmeyer vazio e depois adicionar álcool à gasolina na mesma vidraria e pesar novamente. Após essa etapa, deveria aquecer a solução até atingir a temperatura entre 50° C e 60 °C (temperatura de ebulição de compostos da gasolina) e pela diferença de peso determinar a quantidade de álcool. Esse foi o único caminho encontrado pelo aluno e um fato interessante se deu durante a elaboração do procedimento escrito. O aluno comunicou o pesquisador da impossibilidade de resolver tal problema mediante a falta de informação referente à temperatura de ebulição das substâncias. Diante disso, o pesquisador permitiu que o aluno acessasse a Internet visando encontrar a informação que necessitava. E assim, o aluno deu prosseguimento ao relato. Outro erro grave cometido pelo aluno G se referiu ao aquecimento da solução, como discutido anteriormente.

Assim como o aluno G, o aluno H também propôs a adição de álcool à gasolina para determinar a sua porcentagem, e o argumento utilizado foi o princípio “semelhante dissolve semelhante”. Desse modo, o álcool adicionado interagiria com o álcool presente na gasolina, separando-se e formando duas fases distintas.

A partir da análise dos dados, pode-se constatar que os alunos A, B, C e F apresentaram o domínio dos conhecimentos básicos e propuseram procedimentos experimentais coerentes para a solução do problema. Um caso a ser mencionado se

deu pelo aluno D, que embora não tenha apresentado um total domínio dos conhecimentos, propôs um procedimento parcialmente coerente.

Os alunos G e H não apresentaram o domínio dos conhecimentos e como consequência, não elaboraram um procedimento experimental coerente com o problema. O primeiro propôs a separação dos componentes por meio do aquecimento, enquanto o segundo pela adição do álcool à gasolina. Sendo assim, cinco alunos propuseram procedimentos experimentais coerentes, um propôs parcialmente coerente e dois alunos relataram procedimentos incoerentes com as informações.

Após essa etapa, o professor recolheu os relatos e os alunos se dividiram em grupos para resolverem o problema. No entanto, antes da realização da atividade experimental, os alunos relataram o procedimento experimental adotado pelo grupo visando resolver experimentalmente o desafio proposto, como propõe Castorina (2001). O trecho a seguir corresponde ao procedimento descrito pelo grupo formado pelos alunos A, B e E.

Inicialmente coloca-se a gasolina e a água em uma proveta tampa a proveta e mistura (meche, chacoalha) (sic). Espera um pouco a água e o álcool desce para o fundo do recipiente, antes mede-se a quantidade de água que adicionará e a quantidade de gasolina. Pega-se uma pipeta para separar a água e o álcool da gasolina, transportado p/ (sic) um tubo de ensaio e com o resultado de ML (sic) faz a conta de regra de três para saber a porcentagem. (Alunos A, B e E)

O procedimento adotado pelos alunos A, B e E foi coerente com as informações fornecidas. Os alunos não encontraram dificuldades para a sua elaboração, uma vez que todos apresentaram procedimentos individuais coerentes, mantendo assim os seus argumentos na etapa em grupo. No entanto, os mesmos apontaram para o uso da pipeta como instrumento que seria utilizado na separação da gasolina. Essa etapa é desnecessária, uma vez que a leitura de volume é realizada diretamente na proveta, pois esta apresenta graduação.

O grupo formado pelos alunos D, F e H apresentou o seguinte procedimento experimental:

Colocaremos a gasolina na proveta, depois vamos colocar a água, água vai se misturar junto ao álcool depois vamos passar a mistura no funil de separação,

separando a água com álcool da gasolina depois vamos deixar a água evaporar então saberemos o quanto vai ter de álcool na gasolina. (Alunos D, F e H).

O procedimento adotado pelo grupo foi coerente no primeiro passo, ou seja, na adição de água à gasolina. Em seguida, os mesmos propuseram a evaporação da água por meio do aquecimento da solução. Essa etapa do procedimento é incoerente, uma vez que não é possível separar a água do álcool por simples aquecimento. Pode-se constatar que na discussão em grupo, prevaleceram os argumentos dos alunos D e F.

O trecho a seguir corresponde ao procedimento experimental descrito pelos alunos C e G:

Primeiramente colocamos 30 mL de gasolina na proveta, depois acrescentamos 10 mL de água, assim a água e o álcool por serem polares vão se misturar e a gasolina por ser apolar não vai se misturar e aí subtraímos a quantidade de água colocada iremos achar a quantidade de álcool que há ali (Alunos C e G).

Os alunos C e G adotaram um procedimento experimental coerente com as informações e as discussões realizadas durante o minicurso, inclusive indicando volumes que deveriam ser utilizados. Nesse caso, prevaleceram os argumentos do aluno C, que apresentou um procedimento individual coerente com o problema.

Dessa maneira, dois grupos propuseram procedimentos experimentais coerentes e um grupo apresentou um procedimento experimental parcialmente coerente. A incoerência estava relacionada à separação do álcool da água por meio da evaporação.

Após a elaboração do procedimento experimental em grupo, deu-se início a atividade experimental. Para a sua realização, os alunos poderiam utilizar todos os materiais disponíveis no laboratório desde que estivessem relatados no procedimento em grupo. Foram disponibilizadas amostras de gasolina de três postos de combustíveis diferentes, sendo que os alunos poderiam escolher com qual iriam trabalhar. No entanto, os alunos optaram pela escolha de amostras diferentes de gasolina com o objetivo de compará-las ao final da atividade experimental.

Assim como nos demais experimentos de caráter investigativo, nenhum roteiro experimental foi fornecido aos alunos. Desse modo, não era mencionado, por exemplo, que o volume de álcool poderia ser calculado pela diferença entre o volume inicial da mistura de gasolina com álcool e o volume final, correspondente apenas à gasolina, obtido por meio da leitura de volumes na proveta após a adição da água. Semelhantemente, não se mencionava que o cálculo da porcentagem do teor de álcool na gasolina poderia ser determinado pela expressão 6:

$$\%_{\text{álcool}} = (V_{\text{álcool}}/V_{\text{inicial da gasolina}}) \times 100 \quad (6)$$

Os alunos, em geral, não apresentaram dificuldades durante a realização da mesma. Todos os grupos adicionaram água à gasolina. Após essa etapa, os alunos que mencionaram a utilização de outras vidrarias para a medição de volume, tais como funil de separação e tubos de ensaio, perceberam que não havia necessidade de transferir o conteúdo, pois a mistura resultante apresentava duas fases bem visíveis. Além disso, a mistura foi realizada em uma vidraria graduada, no caso a proveta.

O grupo formado pelos alunos D, F e H havia descrito a necessidade de aquecer a solução, com o intuito de evaporar o álcool presente na mistura. Ao adicionar água à gasolina, os alunos perceberam que não havia necessidade dessa etapa, pois o volume do álcool poderia ser medido facilmente pela proveta.

De acordo com a legislação, a porcentagem de álcool presente na gasolina não pode ultrapassar 25%. Dos três grupos, dois chegaram a resultados próximos ao permitido, que foram 24% e 24,3%. O resultado encontrado pelo outro grupo foi de 16,6%. De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que os combustíveis analisados estavam dentro dos padrões permitidos pela legislação para a adição de álcool na gasolina. Os alunos mostraram-se motivados com essa atividade e salientaram o fato de testar a gasolina utilizada pelos amigos ou familiares para verificar se a mesma está dentro do padrão permitido pela Lei.

De maneira geral, notou-se que os alunos D, G e H apresentaram dificuldades na compreensão do problema. Desses, apenas o aluno D propôs um procedimento parcialmente coerente, sendo que os demais propuseram procedimentos

incoerentes. Essas dificuldades estavam diretamente relacionadas à falta de conhecimentos conceituais envolvidos na atividade experimental.

A partir da análise dos dados e das anotações do pesquisador, constatou-se uma participação considerável dos alunos, tanto na elaboração da proposta quanto na sua execução. Apenas o aluno H não contribuiu com idéias nas discussões promovidas em grupo, embora tenha relatado um procedimento na etapa individual. O mesmo apontou que a proposta estava incorreta e que deveria ser descartada pelo grupo. No entanto, esse aluno participou de todas as etapas de execução do experimento.

Pode-se constatar que apenas o aluno G desrespeitou as regras de funcionamento do grupo e conseqüentemente, da turma. A todo o momento o aluno se deslocava de um local a outro, deixando a cargo de seu companheiro de grupo a tarefa de realizar as etapas do experimento.

Um fato relevante a ser mencionado nessa atividade experimental se deu à iniciativa dos alunos. Apenas o aluno F não tomou a iniciativa de buscar uma solução imediata para o problema. Ao ser questionado, o mesmo apontou a insegurança em relação ao procedimento experimental proposto como fator determinante da falta de iniciativa. Aliado a isso, a perseverança foi um aspecto presente nos alunos. Além de participarem de todas as etapas, os mesmos solicitavam constantemente a autorização do pesquisador para realizar novos testes. Apenas o aluno G não apresentou persistência durante a realização do experimento, uma vez que deixava a cargo do companheiro de grupo a execução da atividade, enquanto ficava manipulando equipamentos de laboratório e circulando pelos demais grupos.

A confiança em si foi um aspecto presente nos alunos C, E e G. Vale ressaltar que o aluno G mostrou confiança e motivação para resolver o problema proposto, embora o mesmo tenha apresentado problemas em relação à perseverança e a dificuldade de se trabalhar em grupo. A confiança se deu pela prontidão e segurança na elaboração da proposta. No entanto, esse aluno iniciou a atividade e logo depois a abandonou, deixando a cargo do companheiro de grupo a sua realização. É importante ressaltar que o mesmo apresentou motivação no início, embora não tenha colaborado

na realização da atividade. Tal fato se deu ao comportamento curioso do mesmo, que não se contentava em se dedicar exclusivamente ao trabalho do seu grupo.

Os demais, ao serem questionados, salientaram a falta de segurança em relação à proposta, embora tenham descritos procedimentos experimentais coerentes.

A curiosidade e a motivação foram outros aspectos presentes durante a realização da presente atividade experimental. Apenas o aluno H não se mostrou curioso perante o problema exposto, e como conseqüência, não apresentou motivação para tal tarefa. Assim como o aluno H, o aluno F não se apresentou motivado, apontando como fator responsável à incerteza do procedimento descrito.

Após a execução da atividade experimental, cada grupo expôs aos demais a maneira como resolveram o problema proposto. Assim como no experimento anterior, os alunos C, E, G e H participaram intensamente das discussões, tanto na parte experimental quanto no debate inicial, enquanto os demais apenas opinavam quando questionados. Essa etapa foi importante no processo de investigação, pois correspondeu, como assinala Gil-Pérez e Castro (1996), a um aspecto essencial do trabalho científico: divulgação dos resultados para toda a comunidade científica. Os depoimentos a seguir correspondem aos trechos selecionados que foram transcritos a partir da filmagem. Esses depoimentos não foram transcritos na íntegra.

[...] A gente fez o que todo mundo fez, colocou água pra misturar com o álcool e tirar o tanto de gasolina. (Alunos C e G)

[...] Sabemos que apolar com apolar se desenvolvia, né, [...] e os reagentes do álcool não era compatível com a gasolina e sim com a água. Por isso a gente colocou a água e colocamos na proveta a água e a gasolina. (A, B e E)

[...] A gente colocou 25 mL de água e 25 mL de gasolina. Aí, nisso, a gente conseguiu fazer a porcentagem para saber quanto tinha de água na gasolina, entende? Porque, a gente, igualamos, vai, vamos dizer, o tanto de água com o tanto de gasolina para dar certo, entende? (Alunos D, F e H)

Os grupos formados pelos alunos C e G e A, B e E apresentaram relatos semelhantes aos procedimentos descritos em grupo. Os mesmos não alteraram nenhuma etapa da atividade experimental.

Pôde-se perceber que no depoimento final do grupo formado pelos alunos D, F e H houve uma alteração em relação a uma etapa do procedimento adotado. Isso

aconteceu porque os alunos notaram, durante a adição de água à gasolina, que não havia necessidade de outra etapa para se realizar a leitura de volume. Dessa maneira, os mesmos perceberam e relataram esse fato durante a exposição para os demais grupos. Além disso, os alunos discutiram a questão da quantidade de água que deveria ser adicionada à gasolina.

Do ponto de vista cognitivo, medir volumes (ou diferença entre volumes) em provetas e anotar as respectivas grandezas pode implicar apenas em procedimento mecânico se os alunos estivessem obedecendo, submissamente, a uma instrução direta contida no roteiro do tipo receita. Entretanto, essas mesmas medidas e anotações podem adquirir um real significado se, na ausência desse roteiro, os alunos refletirem sobre a razão *do que fazer e porque fazer*. Assim, a importante discussão sobre qual a quantidade e qual líquido a ser adicionado à gasolina durante o procedimento experimental, demonstra um aspecto que dificilmente iria emergir se o experimento fosse realizado com a abordagem tradicional.

Após a discussão entre os alunos, o pesquisador sistematizou as informações dadas por cada grupo, e promoveu uma discussão geral sobre a atividade experimental proposta (AZEVEDO, 2004). Além disso, foram discutidos os problemas enfrentados pelos mesmos durante a atividade, como por exemplo, a impossibilidade de aquecer a gasolina, como apontado por um dos grupos.

Para concluir o assunto referente à “gasolina”, os alunos responderam a um questionário, em grupo, com o intuito de levantar as principais dificuldades encontradas e promover uma retomada na questão iniciada com o debate. A partir da análise dos questionários, pode-se constatar que apenas um grupo apresentou dificuldades na realização da atividade. Segundo os integrantes do grupo,

Achamos que algum dos componentes, iria evaporar, mais isso não aconteceu.  
(Alunos D, F e H)

Foi possível constatar que esse grupo mudaria a forma de realizar o experimento após a discussão entre os grupos, como descrito no relato a seguir:

Primeiro, colocar a água na proveta junto, com a gasolina e mexer um pouco e depois calcular a porcentagem de água, que continha na gasolina. (Alunos D, F e H).

Sendo assim, apenas pela diferença entre o volume final da solução contendo água e álcool e o volume de água adicionado pode-se determinar a quantidade de álcool presente na gasolina. Além disso, pode-se determinar também esse valor pela diferença de volume da gasolina, como já citado.

Dos demais grupos, um deles não mudaria o procedimento e o outro não soube responder se faria o experimento de outra maneira. Ao final do questionário, foi proposta a seguinte questão com o objetivo de retomar a discussão suscitada no debate: “Tendo em vista as vantagens e desvantagens do uso do petróleo como combustível, é viável incentivar a sua exploração ou encontrar outras fontes de energia?”

A partir da análise desse item, pode-se constatar que todos os alunos relataram a opção de investir em outras fontes de energia.

Entrar em outras fontes de energia, pois o petróleo não é renovável e um dia vai acabar. (alunos D, F e H)

[...] por que é preferível o uso do álcool, sendo mais barato e mais benéfico. (Alunos A, B e E)

É viável encontrar outras fontes de energia, pois o petróleo um dia vai acabar e não podemos depender só dele e também é melhor ao meio-ambiente. (Alunos C e G)

Notou-se novamente a preocupação dos alunos em relação ao futuro, pois o petróleo é uma fonte não renovável. Além disso, os alunos apontaram a preocupação ambiental como ponto a ser levado em consideração. Esse aspecto merece destaque, pois a queima de combustíveis fósseis provenientes do petróleo é um dos fatores que mais contribui para o aquecimento global. Além disso, os alunos mencionaram a questão econômica como aspecto importante na escolha de outras fontes de energia.

Diferente do primeiro experimento, os alunos estavam mais seguros para a realização da atividade experimental. Os mesmos não mostraram insegurança em relação ao procedimento experimental e poucas vezes solicitaram a presença do pesquisador. Tal fato relaciona-se ao desenvolvimento de competências atitudinais,

expressadas por Fernandes e Silva (2004). A tabela 4 apresenta um resumo da análise dos dados referentes a presente atividade experimental.

Tabela 4: Participação dos alunos no experimento 2.

Aluno		A	B	C	D	E	F	G	H
Colaborou	Com idéias e opiniões	S	S	S	S	S	S	S	N
	Com trabalho	S	S	S	S	S	S	S	S
Respeitou as regras de funcionamento do grupo		S	S	S	S	S	S	N	S
Respeitou as regras de funcionamento da turma		S	S	S	S	S	S	N	S
Demonstrou ter iniciativa		S	S	S	S	S	N	S	S
Demonstrou Perseverança		S	S	S	S	S	S	N	S
Demonstrou Confiança em si		N	N	S	N	S	N	S	N
Demonstrou Curiosidade		S	S	S	S	S	S	S	N
Demonstrou Motivação		S	S	S	S	S	N	S	N
Demonstrou Tolerância e Espírito de cooperação		S	S	S	S	S	S	N	S
Demonstrou Gosto pela Química		S	N	S	N	S	S	S	N
Demonstrou capacidade de comunicação		N	N	S	N	S	N	S	S
Demonstrou domínio dos conhecimentos básicos		S	S	S	N	S	S	N	N
Demonstrou capacidade resolver problemas		S	S	S	S	N	S	N	N
Demonstrou compreensão do problema		S	S	S	N	S	S	N	N
Demonstrou facilidade na proposição do procedimento		S	S	S	S	N	S	N	N
Demonstrou domínio das técnicas de laboratório		S	S	S	S	S	S	S	N
Demonstrou facilidade no tratamento da informação		N	N	S	N	S	N	N	S

S: Sim; N: Não.

#### 4.1.4. Quarto encontro (31 de julho de 2008)

##### Experimento 3: Como obter o biodiesel a partir do óleo de soja?

O tema do quarto encontro do minicurso foi “biodiesel”. Nesse dia estavam presentes sete alunos, e como nos dias anteriores, a aula iniciou-se com o debate, que

teve duração de 47 minutos. Essa etapa, como propõe Santos e Schnetzler (2003), é fundamental no desenvolvimento de uma educação voltada para a formação cidadã, pois estimulam os alunos a se posicionarem perante situações que exijam conhecimento técnico, científico, cultural, político, econômico e social. Antes da discussão, os alunos assistiram um documentário sobre o biodiesel com o intuito de fornecer subsídios para a realização do debate.

Muitos aspectos foram discutidos durante o debate. O ponto que mais chamou a atenção dos alunos foi a informação de que é possível produzir o biodiesel a partir de animais, como o sebo bovino, suíno, de aves, etc. Outro ponto que despertou controvérsias foi a questão da possível falta de alimentos proporcionada pelo aumento de áreas cultiváveis destinadas a produção de biocombustíveis.

Após o debate, os alunos receberam um material (apêndice 10) contendo informações referentes ao biodiesel, tais como as vantagens e desvantagens em comparação aos outros, bem como os aspectos econômicos e ambientais relacionados com a sua utilização. Na ausência de contextualização não há aproximação do assunto escolar com o cotidiano do aluno, o que proporciona falta de motivação para o estudo, como argumenta Chassot (2003). Além disso, tal fato pode proporcionar uma rejeição considerável em relação à Química pelos alunos (LIMA et al., 2000).

Além dessas informações, o texto apresentava um gráfico referente à estimativa de crescimento da área plantada de cana-de-açúcar e uma *charge* para auxiliar os alunos na construção dos argumentos para o debate. O texto finalizava com a seguinte questão: “Até que ponto a expansão de culturas destinadas à fabricação de biocombustíveis coloca em risco a produção de alimentos?”

Após a leitura coletiva do texto, solicitou-se dos alunos que registrassem, por escrito e individualmente, a sua opinião sobre a questão mencionada anteriormente. A partir da análise do texto e do debate, constatou-se que dois alunos apontaram a falta de alimentos como consequência do aumento de áreas destinadas à produção de biocombustíveis;

O biodiesel está ganhando destaque cada vez mais devido ao petróleo. Porém, se todos pensassem em outras maneiras de produzi-lo seria melhor para todos como: reutilizar o óleo de cozinha entre outras coisas. Pois estão pensando tanto em combustíveis que estão somente pensando em plantar plantas para

gerar combustíveis, e se isso continuar ocorrendo irá faltar ainda mais alimento para a população. Mas os donos das terras não dão importância para quem já está passando fome, e muito menos se irão ter o que comer se isso continuar ocorrendo. Eles só pensam neles, só que eles também podem acabar se prejudicando. (Aluno D)

Eles vão para de planta (sic), cria (sic) alimentos para a produção de bio combustíveis (sic). (Aluno G)

Cinco alunos argumentaram que as áreas destinadas ao cultivo de plantas visando à produção do biodiesel não afetam a produção de alimentos, conforme segue:

Bom, eu acredito que deve ser investido no óleo de cozinha para a produção do biodiesel. A questão dos alimentos deve ser tratada de forma consciente a questão não é que vai faltar alimento, é que existe uma má distribuição neles, eles são muitos desperdiçados. Se for feita uma boa distribuição deles ninguém sofreria a esse dano (Aluno A).

Na minha opinião deve-se usar óleo usado para o biodiesel coletando de casas, restaurantes, lanchonetes e etc., para incentivar o governo deveria dar um desconto de 5% exemplo, para quem colhe (sic) o óleo de sua casa ou estabelecimento, descontos no IPTU por exemplo (Aluno B).

Na minha opinião se deve ter uma coleta de óleo de cozinha para ser destinado a produção do biodiesel e também um controle para que seja plantado, por exemplo, mamão e girasol (sic), que não são alimentos para a gente, e isso ser usado também na produção do biodiesel, assim com um controle não afetaria a nossa alimentação e teria uma melhora no meio ambiente (Aluno C).

Na minha opinião, o biocombustível não afeta nossos meios de alimentação pois não nos alimentamos das maioria dos componentes, além de gerar lucros não são tão poluentes aos meios ambientes. Mas não afetaria quase nada na parte dos alimentos (Aluno E).

Na minha opinião se todos pensasse no bem da humanidade, todos sairiam lucrando pois isso tem solução é só eles querer exemplos o óleo de cozinha que utilizamos, ao invés de jogar fora e deixar de lado, pode ser utilizado (sic) para o biodiesel e assim, teria espaço para a plantação e desse jeito ninguém sai perdendo e para incentivar a população eles poderiam criar alguma associação ou coisa parecida. E eles poderia plantar a cana de açúcar pois isso não afetaria na nossa alimentação, mas eles deveria fazer isso com consciência (sic) de que se todo o território for usado só para a cana de açúcar isso não iria ajudar, e solução para esse problema tem basta eles pensar mais (Aluno H).

É importante ressaltar que cinco alunos apontaram a reutilização do óleo de cozinha como matéria-prima para a produção do biodiesel. Nesse ponto, os alunos argumentaram que, além de não necessitar de uma área para o cultivo, como as demais plantações, o reuso do óleo de cozinha não causa prejuízos ao ambiente.

Outro fator mencionado foi o incentivo ao cultivo de plantas que não estão diretamente relacionados à nossa alimentação, como por exemplo, a mamona. Além disso, os incentivos por parte do governo para quem recolhe o óleo usado, como descontos no imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU) foram citados.

Após o debate, os alunos receberam um material (apêndice 11) contendo algumas informações sobre o biodiesel, tais como a sua produção, as reações químicas envolvidas, a densidade das substâncias que compõem essa mistura, etc. Na ausência dessas informações, torna-se inviável propor um procedimento coerente para a sua obtenção (LEWIN; LOMASCÓLO, 1998). O texto terminava com o seguinte problema aberto: Como produzir biodiesel a partir do óleo de soja?

A partir dos conhecimentos e das informações fornecidas, solicitou-se dos alunos um relato individual referente ao procedimento experimental que adotariam para resolver o problema proposto. Da análise dos relatos, constatou-se que apenas um aluno adotou o procedimento experimental coerente para a produção do biodiesel, conforme descrito:

Primeiramente separamos 100 mL de óleo e 20 mL de álcool com a proveta e 0,35g de hidróxido de sódio com a balança. Depois juntamos o álcool ao hidróxido de sódio para produzir o metóxido de sódio. Após termos o metóxido de sódio juntamos o óleo à ele, assim produzimos o biodiesel, porém nessa produção haverá também a glicerina e por a sua densidade ser menor que a do biodiesel, com o balão de separação conseguimos obter só o biodiesel. (Aluno C)

O aluno C dividiu o procedimento experimental em duas partes: a primeira foi a produção do metóxido de sódio através da reação entre o metanol e o hidróxido de sódio e a segunda etapa consistiu na adição do metóxido de sódio ao óleo de soja. Os demais alunos propuseram um procedimento experimental incoerente para a produção do biodiesel, como seguem as descrições:

Inicialmente pega-se o óleo (100 mL) e coloca-se em um béquer aquece a gordura até 55°C depois mistura o metanol (20 mL) ao óleo onde será trabalhado na capela. Pesa quanto é uma pastilha de hidróxido de carbono, vê quanto é seu peso e mistura ao óleo e ao metanol (Aluno A)

Misturar óleo, álcool, na presença de hidróxido de sódio como catalizador (sic), em um béquer e deixar na estufa em aproximadamente 55 graus Celsius. 100 ml – de óleo; álcool – 20 ml; catalizador (sic)- 0,4g (Aluno B)

Para produzir biodiesel a partir do óleo de soja, eu colocaria em uma proveta o 100 mL de óleo, 10 mL álcool e 2,2g hidróxido de sódio e deixaria reagir em uma temperatura de 55 graus Celsius. (Aluno D)

Juntar o óleo de soja com o álcool metílico (sic), mas tudo dentro da capela, usando tubos de ensaio, fazer a mistura e ferver o óleo de soja a 55 °C. Isso tudo gerando 100 mL de óleo de soja. (Aluno E)

Metanol adicionamos (sic) hidroxílico (sic) de sódio mais óleo de soja numa proveta e misturamos em quantidade certa álcool 20 mL catalisador 0,3 g e óleo 100 mL. (Aluno G)

Colocar 100 mL de triglicerídeo + 20 mL de álcool + 0,5 g de catalisador e antes de colocar o óleo esquentá-lo e deixá-lo a 55 graus Celsius e pronto. (Aluno H)

Foi possível constatar que apenas o aluno C propôs um procedimento experimental coerente para a produção do biodiesel. Tal fato se deu pela possível ambigüidade gerada pelas informações apresentadas aos alunos, sendo que a maioria levou em consideração a reação química geral do processo de produção do biodiesel, ao invés de dividir o procedimento em duas etapas. Dessa maneira, seis alunos propuseram procedimentos experimentais incoerentes ao adicionar o metanol e o hidróxido de sódio simultaneamente ao óleo de soja.

Em seguida o professor recolheu os relatos individuais e os alunos se dividiram em grupos para discutirem e proporem um procedimento experimental para resolver o problema, de acordo com a segunda etapa proposta por Castorina (2001).

Assim como nos demais experimentos, nenhum roteiro experimental contendo os passos para a realização da atividade experimental foi fornecido. Os alunos, diante das informações e dos seus conhecimentos deveriam propor o procedimento experimental visando resolver o problema apresentado.

Ao se depararem com o problema, apenas o aluno G não se mostrou curioso, e conseqüentemente não motivado em busca de uma solução. No entanto, durante a realização da atividade, o mesmo demonstrou iniciativa e perseverança.

Os alunos, em geral, sentiram-se muito motivados pelo fato de estarem produzindo um biodiesel. Pode-se constatar também que apenas o aluno G não demonstrou cooperação durante a realização do experimento, sendo que ficou circulando pelo laboratório. No entanto, em alguns momentos colaborava com o companheiro de grupo.

Da análise dos relatos, constatou-se que apenas um grupo adotou o procedimento coerente para a produção do biodiesel, como descrito a seguir:

Separamos através da proveta 100 mL de óleo e 20 mL de álcool e através da balança 0,35 g de hidróxido de sódio. Depois juntamos, na capela, o álcool (metanol) com o hidróxido de sódio para produzirmos o metóxido de sódio. Depois aquecemos o óleo, pois ele tem uma eficiência maior da reação que se dá quando em uma temperatura de aproximadamente 55 graus Celsius. Após isso misturamos, na capela, o metóxido de sódio com o óleo assim produzimos o biodiesel. Mas nessa produção há também a glicerina que pelo balão de separação a separamos do biodiesel. (Alunos C e E)

Os alunos C e E propuseram uma resolução coerente para o problema, dividindo o experimento em duas etapas: a primeira delas constitui-se na produção do metóxido de sódio e a segunda na produção do biodiesel por meio da adição do metóxido de sódio ao óleo de soja. Assim, notou-se a influência do argumento apontado pelo aluno C durante a proposta individual.

Dois grupos apresentaram procedimentos experimentais incoerentes com o objetivo de produzir o biodiesel, como seguem os relatos:

Primeiro coloca o óleo para esquentar a 55 graus no Bico de Bunsen depois junta (sic) o óleo de 100 mL na temperatura de 55 graus Celsius e 20 mL de álcool e 0,3 de catalisador na proveta e deixa reagir. (Alunos D, G e H)

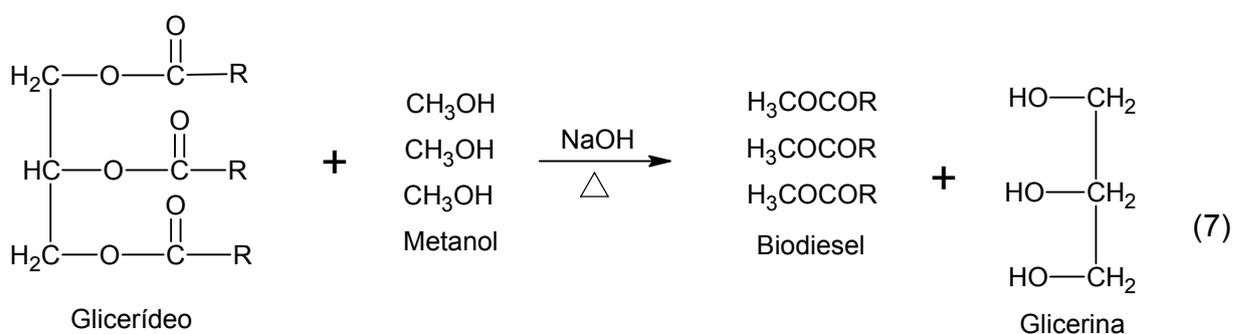
Inicialmente pega-se o óleo (100 mL) coloca-se em um béquer e aquece com um bico de bunsen (sic) até 55 graus Celsius. Medindo com um termômetro (sic) a temperatura certa (55 graus). Depois de aquecido, retira-se do bico de bunsen (sic) e mistura o metanol (20mL) e o catalisador aproximadamente 0,4g. Pesa-o em uma balança. (Alunos A e B)

O erro referente a esses procedimentos se deu pela adição simultânea dos reagentes. É importante mencionar que, nesse caso, as informações preliminares não foram suficientemente compreendidas para a resolução do problema, ou seja, conduziram os alunos a diferentes caminhos proporcionando a formação de compostos inesperados, como o sabão. Embora não tenha sido planejada para essa finalidade, o material contribuiu para uma rica discussão e aprendizagem sobre os procedimentos adotados pelos alunos.

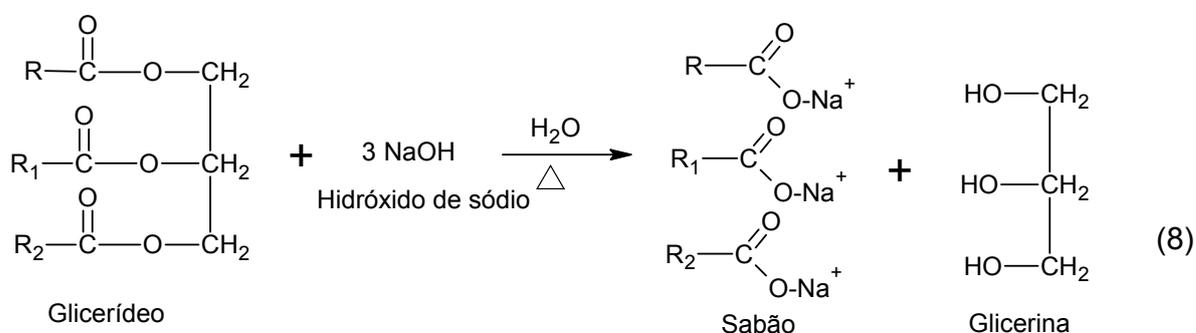
Em nenhum momento da atividade, o pesquisador interferiu no sentido de apontar erros e soluções para o problema. Dessa maneira, os alunos foram

incentivados a testarem suas hipóteses a respeito da questão apresentada. Após o relato em grupo, os alunos realizaram a atividade experimental referente à produção do biodiesel a partir do óleo de soja.

O procedimento coerente para a síntese do biodiesel consiste em duas etapas. Na primeira, deve-se produzir o metóxido de sódio através da adição do hidróxido de sódio ao metanol, e na segunda etapa, deve-se adicionar o metóxido de sódio produzido ao óleo de soja (triglicerídeo). A equação 7 representa a reação global de produção do biodiesel.



Apenas um grupo levou em consideração a separação do processo em duas etapas e conseqüentemente produziu o biodiesel. Os demais grupos adotaram o procedimento de adicionar as três substâncias simultaneamente: metóxido de sódio, metanol e hidróxido de sódio. Esse fato ocasionou a produção do sabão, uma vez que este é proveniente da reação entre o triglicerídeo (óleo ou gordura) e o hidróxido de sódio na presença de aquecimento, conforme expresso na reação 8.



É importante ressaltar que a ordem da mistura dos reagentes em uma reação química pode alterar o produto. Tanto é que nesse caso, a inversão na ordem proporcionou um produto diferente do esperado. Como os triglicerídeos são formados por longas cadeias de ácidos graxos, estes possuem maior interação com o hidróxido de sódio se comparado ao metanol, ou seja, o hidróxido de sódio reagirá com o triglicerídeo dando origem ao sabão. Para que não ocorra tal processo, faz-se necessário produzir inicialmente o metóxido de sódio para depois dar origem ao biodiesel.

Durante a realização da atividade experimental, os alunos não apresentaram dificuldades no manuseamento dos equipamentos de laboratório, o que evidencia o desenvolvimento de algumas habilidades e atitudes no decorrer das atividades investigativas, tais como autonomia, motivação, responsabilidade, entre outros (FERNANDES; SILVA, 2004). Os mesmos utilizaram o bico de Bunsen, a capela, a pipeta, funil de separação, entre outros. Ao término do experimento, os alunos deixaram a solução em repouso por um dia para que a reação se completasse. Sendo assim, apenas no quinto dia de encontro os alunos verificaram o biodiesel produzido.

Diferente da primeira atividade experimental, os alunos já não questionavam o pesquisador sobre como manipular materiais e equipamentos comuns de laboratório. Esse fato evidencia a autonomia dos alunos em relação a algumas técnicas de laboratório proporcionadas pela abordagem investigativa (FERNANDES; SILVA, 2004). Além disso, os alunos conduziram a atividade em um tempo menor do que o utilizado nos demais experimentos.

É importante destacar que o erro, assim como o acerto, apresentou grande potencial pedagógico (BORGES et al, 2002b). Nesse experimento, o erro conduziu os alunos à produção do sabão ao invés da produção do biodiesel, ou seja, ele representou novas aprendizagens. É comum o professor ignorar-lo e solicitar dos alunos que realizem novamente o experimento até conseguir o resultado esperado, enquanto o professor poderia explorar o experimento por meio do erro para alcançar resultados satisfatórios relacionados à aprendizagem dos alunos. Além disso, constatou-se que apenas o aluno G apresentou problemas relacionados ao

funcionamento do grupo, sendo que os demais respeitaram as regras de funcionamento do grupo e da turma.

Após o término da atividade, houve a terceira etapa da atividade, caracterizada pela discussão entre os grupos (CASTORINA, 2001). Cada grupo expôs aos demais o procedimento experimental adotado para resolver o problema proposto. Os textos a seguir correspondem aos trechos selecionados dos relatos dos alunos sobre o caminho adotado durante o experimento.

A gente misturou o álcool com o hidróxido de sódio para produzir o metóxido de sódio. Aí aquecemos o óleo porque diz que ele tem uma reação melhor quando ele está na temperatura de 55° C. Aí a gente misturou o metóxido de sódio e aí mexeu um pouco e aí deixou lá parado para que ele haja e produza o biodiesel. Só que juntamente com o biodiesel vai produzir a glicerina e aí com base na informação que tinha lá, depois, não sei se é amanhã a gente vai pegar e por no balão de separação para separar a glicerina, pra ter o biodiesel, só o biodiesel. (Alunos C e E)

Aluno 1: A gente esquentamos (sic) primeiro o óleo a 55°C, que deu em média 57° a 56°C. Aí juntamos junto com o “metal alguma coisa” (sic) Aluno 2: metanol. Aluno 1: e junto com o álcool e o acesador? (sic). Aluno 2: catalisador. Aluno 1: e juntamos junto com o catalisador e misturamos até dissolver o catalisador e amanhã em média a gente terá idéia de como será o nosso biodiesel. (Alunos D, G e H)

A gente pegou o óleo né, esquentou a 55°C, a gente misturou o metanol e com o catalisador e depois misturamos com o óleo e deixamos na capela para produzir o biodiesel. (Alunos A e B)

A partir da exposição dos alunos, notou-se que os mesmos realizaram a atividade experimental descrita em grupo sem promover alterações no procedimento experimental.

Após a discussão entre os grupos, o pesquisador sistematizou as informações referentes aos procedimentos adotados pelos alunos. Um fato interessante se deu pela insegurança do grupo que realizou o experimento corretamente após essa discussão, pois os demais grupos adotaram um procedimento diferente do deles e iguais entre si. Apenas o grupo que adotou o procedimento coerente para a produção do biodiesel questionou o pesquisador sobre o procedimento experimental em duas etapas. Diante disso, o pesquisador discutiu os procedimentos adotados pelos demais grupos. No dia seguinte, os alunos verificaram os produtos obtidos durante a atividade.

Durante as discussões, os alunos argumentaram que esta foi a atividade na qual apresentaram maior facilidade de realização, embora grande parte produziu um produto diferente do esperado. À medida que os alunos realizaram as atividades com enfoque investigativo, estes foram se familiarizando com a metodologia, o que justifica a maior facilidade nos últimos experimentos, como aponta Borges (2002a).

Pode-se perceber que apenas o aluno D apresentou dificuldade de comunicação em relação aos resultados dessa atividade. No entanto, o mesmo apontou a timidez como fator responsável pela baixa participação.

Ao final da atividade experimental, os alunos responderam a um questionário (apêndice 13). A partir da análise dos resultados, pode-se constatar que os alunos não apresentaram dificuldades para a realização do experimento e não propuseram outra maneira de realização.

A seguir, foi apresentada a seguinte questão: Tendo em vista a polêmica causada pelos biocombustíveis, o Brasil deve investir na sua produção? Discuta com todo o grupo e justifique a resposta.

Sim, só que de maneira diferente como reaproveitando o óleo usado pela população. (Alunos D, G e H)

Sim, mas com condição de que seja (sic) produzidos com óleo/gordura coletada. (Alunos A e B)

Sim, moderadamente, tendo um controle do que está sendo plantado e da sua expansão.(sic) (Alunos C e E)

Na retomada da discussão suscitada no debate, novamente os alunos salientaram a importância da reutilização do óleo de cozinha das residências e estabelecimentos comerciais. Desse modo, segundo os alunos, não faltariam alimentos e não haveria prejuízos ao ambiente, pois o óleo seria reaproveitado.

Em se tratando do tema combustíveis, o minicurso ainda abrangeu a discussão do hidrogênio combustível, assim como a fonte de combustível para os seres humanos, os alimentos. No entanto, como não restava muito tempo disponível, as atividades experimentais envolvendo esses combustíveis foram realizadas de maneira demonstrativa pelo professor. Ressalta-se que essas discussões foram complementares e não constava no planejamento inicial do minicurso.

No tópicos “hidrogênio combustível”, discutiu-se as vantagens e desvantagens desse combustível em relação aos outros e as principais aplicações no dia-a-dia. Além disso, realizou-se a atividade experimental referente à eletrólise da água, na qual se formaram os gases hidrogênio e oxigênio.

Em relação aos alimentos, foram discutidas questões referentes às calorias e realizou-se uma atividade experimental com o intuito de determinar qual dentre os seguintes alimentos: amendoim, castanha ou nozes era o mais calórico. Durante a sua realização, os alunos ficaram impressionados com a quantidade de energia fornecida na queima de uma unidade de cada um dos alimentos. A tabela 5 apresenta um resumo da análise dos dados referentes a presente atividade experimental.

Tabela 5: Participação dos alunos no experimento 3.

Aluno		A	B	C	D	E	F	G	H
Colaborou	Com idéias e opiniões	S	S	S	S	S	-	S	S
	Com trabalho	S	S	S	S	S	-	S	S
Respeitou as regras de funcionamento do grupo		S	S	S	S	S	-	N	S
Respeitou as regras de funcionamento da turma		S	S	S	S	S	-	N	S
Demonstrou ter iniciativa		S	S	S	S	S	-	S	S
Demonstrou Perseverança		S	S	S	S	S	-	S	S
Demonstrou Confiança em si		S	S	S	S	S	-	S	S
Demonstrou Curiosidade		S	S	S	S	S	-	N	S
Demonstrou Motivação		S	S	S	S	S	-	N	S
Demonstrou Tolerância e Espírito de cooperação		S	S	S	S	S	-	N	S
Demonstrou Gosto pela Química		S	S	S	S	S	-	S	S
Demonstrou capacidade de comunicação		S	S	S	N	S	-	S	S
Demonstrou domínio dos conhecimentos básicos		S	S	S	S	S	-	S	S
Demonstrou capacidade resolver problemas		N	N	S	N	N	-	N	N
Demonstrou compreensão do problema		S	S	S	S	S	-	S	S
Demonstrou facilidade na proposição do procedimento		N	N	S	N	N	-	N	N
Demonstrou domínio das técnicas de laboratório		S	S	S	S	S	-	S	S

Demonstrou facilidade no tratamento da informação	S	S	S	N	S	-	S	S
---	---	---	---	---	---	---	---	---

S: Sim; N: Não.

#### 4.1.5. Quinto encontro (primeiro de agosto de 2008)

O quinto encontro foi destinado à realização do RPG como ferramenta complementar de avaliação. No entanto, antes do início do jogo, o pesquisador discutiu os resultados do biodiesel com os alunos. Essa etapa foi importante, pois a maioria produziu sabão ao invés do biodiesel. Os alunos participaram intensamente dessa discussão e compreenderam os motivos que os levaram a produzir algo diferente do esperado.

Em seguida, deu-se início ao jogo de RPG referente ao tema “combustível”. Essa atividade contou com a participação dos oito alunos e de Rodrigo, estudioso da ferramenta RPG.

#### 4.2. O uso do RPG como estratégia de Avaliação

O RPG, também conhecido como “jogo de interpretação de papéis” é um jogo no qual os participantes criam seus personagens por meio da atribuição de características físicas, mentais, sociais, etc. Os participantes são conduzidos pelo mestre (ou narrador) a uma missão, na qual a sua realização determina o fim da aventura. De acordo com Riyis:

[...] os jogos de RPG podem ser considerados jogos cooperativos de representação, porque são jogos de interpretação de papéis e porque seguem os preceitos dos jogos cooperativos, pois não há vencedores nem vencidos, e todos os jogadores têm um objetivo comum ao alcançar (RIYIS, 2004, p. 10).

A cooperação entre os indivíduos é uma característica importante nos jogos de RPG. Na sua ausência, não há vencedor, uma vez que todos os participantes apresentam um objetivo em comum. Além da motivação, o jogo pode desenvolver

outras habilidades, como a desenvoltura para trabalhar em grupo, autonomia, liderança, etc. Para o desenvolvimento em sala de aula, Riyis propõe as seguintes etapas:

- O professor prepara o cenário, a aventura e os personagens (o professor pode, ao invés de preparar ele mesmo os personagens, deixar os alunos fazerem isso, o que já é uma atividade muito interessante, de enorme potencial pedagógico);
- O professor distribui os personagens entre os alunos, seja um para cada aluno, seja agrupando-os, ou ainda designando as tarefas para cada membro do grupo. Aconselhamos o professor a designar os grupos, pelo menos no início, para que o processo ensino-aprendizagem ocorra da melhor maneira;
- O professor explica o andamento e as regras do jogo para os alunos;
- O professor, “vestindo a roupa” de mestre do jogo, introduz, então, os alunos ao mundo preparado por ele chamando-os a participar da história e mais ainda, a contá-la em conjunto;
- Durante a aventura, o professor introduz elementos do conteúdo que pretende desenvolver, mas na forma de situação-problema inserida no contexto da história-jogo;
- O desfecho da aventura é feito de modo a dar um gosto de ‘quero mais’, ao mesmo tempo em que permite que ao professor utilizar os conceitos desenvolvidos em uma situação de aprendizagem. (RIYIS, 2004, p.22 e 23).

O jogo envolveu o tema “combustíveis” e contou com a participação do Jéferson Rodrigo Tagliavini Savignado, que desenvolve trabalhos de RPG voltados para a Educação. O jogo foi utilizado como um instrumento para averiguar os conhecimentos adquiridos durante as atividades experimentais investigativas e sua utilização em contextos mais próximos das demandas colocadas pela sociedade.

O jogo teve início com a apresentação das regras. Nessa atividade, cada aluno assumiu um personagem e a história foi conduzida pelo narrador, ou mestre (Rodrigo Savignado). A primeira etapa consistiu na criação do personagem. Cada aluno recebeu uma ficha (apêndice 15) contendo algumas características, tais como atributos e habilidades que deveriam ser assinaladas conforme o personagem criado.

As características presentes nos atributos estavam divididas em três grupos:

- Físico: força, destreza e vigor.
- Social: carisma, manipulação e aparência.
- Mental: percepção, inteligência e raciocínio.

As características encontradas nas habilidades também estavam divididas em três classes.

- Talentos: atuação, prontidão, esportes, briga, esquiva, empatia, intimidação, liderança, manha e lábia.
- Perícias: empatia com animais, etiqueta, armas de fogo, sobrevivência, música, segurança.
- Conhecimentos: burocracia, computação, finanças, investigação, direito, lingüística, medicina, ciência e política.

O narrador alertou para o cuidado a ser tomado na elaboração do personagem. Não adiantava, por exemplo, um personagem possuir muita força e não ter habilidade para correr. Após as instruções, os alunos preencheram a ficha caracterizando-os. Os personagens e as características criados pelos alunos foram:

**Thayzy:** Assessora de imprensa, 22 anos, 1,76m e 64 kg: Trabalho na assessoria da imprensa federal, sou morena de olhos verdes, sou comunicativa e simpática. Sei conviver na cidadania de hoje, porém sei suportar pessoas que não tem percepção, pessoas de todos os tipos, pois é assim que temos que ser. Sou solteira, tenho ânimo pra tudo, mesmo sendo muito ocupada, tenho tempo para as minhas noitadas e não sou diferente de nenhum ser humano. Adoro sair e comprar coisas que me faz se sentir feliz e já viajei para vários lugares, pois amo conhecer o mundo e o lugar que mais gosto de ir é para Paris. Resumindo a minha pessoa, sou feliz e não posso negar, porém não deixo de lado o que gosto e nem o que sou, pois é assim que tenho várias amizades e vivo feliz, apesar de alguns não gostar de mim, não ligo pois quem gosta de mim é feliz e quem não me suporta não passa de uma pessoa mal humorada (Transcrição do aluno H)

**Dunha:** Investigador; 22 anos; 1,80m: Um cara legal e esperto, mas bravo e persistente. Gosta das coisas quando só dão certo. E não tem nenhuma família, perdeu tudo por causa dos bandidos (Transcrição do aluno G)

**Ricardo:** Químico, 25 anos; 1,76m e 69 kg: Sou da polícia na área de científicas, trabalho a 2 anos, me formei em Química e Física e sou solteiro e moro sozinho. Não sou forte, é inteligente, moro em São Paulo (Transcrição do aluno E).

**Maria Eduarda:** Polícia científica; 25 anos; 1,73m e 57 kg: Formada em Ciências Geral, é muito habilidosa em perícias e em investigação criminal, é muito esperta, é bonita e tem muita seriedade (sic) com seu trabalho. Respeita todos e também tem muita paciência. É loira, alta e se dedica muito ao trabalho. Tem um namorado que está terminando o doutorado em biologia. É muito feliz e mora em um lindo apartamento com um gato. É corajosa e não tem muito nojo das coisas. (Transcrição do aluno C)

**Aline:** Policial de imprensa; 24 anos; 1,75m e 60 kg: Natural de São Carlos, SP, residente na cidade de Campinas, estado de São Paulo, casada, formada em jornalismo, é bastante comunicativa, é simpática, sacárstica (sic), atua seu trabalho na assessoria de imprensa da polícia, e é apaixonada pelo que faz. Procura ser uma boa pessoa, leva seu trabalho a sério. É alta, morena e tem os olhos e os cabelos negros (Transcrição do aluno A).

**Bruno:** Policial de imprensa; 27 anos; 1,85m e 63kg: Bruno é um personagem que viaja muito, morou em Los Angeles, tem aparência boa, não gosta de gorduras. Nasceu em Eldorado em MT, fez faculdade de jornalismo e está começando a faculdade de artes cênicas. Odeia falsidade. Gosta de cidades grandes, moro em São Paulo, capital em um condomínio (sic) sou solteiro, trabalho na assessoria de empresa (sic), sou polícia, gosto de sair, sou moreno de cabelos pretos, tenho olhos verdes, sou simpático, adoro Internet, TV, gosto de praia, festas e divertimento (Transcrição do aluno E)

**Evelyn:** Polícia científica; 23 anos; 1,70m e 63 kg: Evelyn é uma personagem que nasceu em São Paulo e cursou a faculdade de Química e a dois anos está exercendo a profissão de polícia científica, é bem decidida e ama o que faz, e realiza suas investigações com sucesso. É solteira, mora sozinha, é bem vaidosa (sic) e animada, adora fazer compras e rever os amigos e ficar com a família e adora ir para a academia

e está pronta para tudo. Tenho cabelos castanhos longos e olhos azuis. Já morou em Paris há 1 ano, portanto fala bem inglês e francês (Transcrição do aluno D).

**Giovanna:** Policial da área de Química, 21 anos; 1,70m e 63kg: Giovanna é uma personagem de 21 anos de idade. Nascida em São Paulo, cursou faculdade de Química. Geovanna adora estudar casos ocorridos. Sou solteira, moro sozinha. É uma pessoa bem animada, que ama sair, comprar coisas em geral, principalmente roupas, amar renovar o seu guarda-roupa de três em três dias, é uma pessoa bonita, simpática, legal, carinhosa, educada e muito calma. Amo muito viver no mundo da moda, gosto muito de viajar, inclusive para Nova York, que vou em três em três meses. Sou loira de olhos castanhos, tenho os cabelos longos com franjinhas e amo usar roupas rosas. Sou uma pessoa muito atraente. Já morei em Nova York e portanto falo línguas diferentes do meu idioma. Resumindo, amo minha vida. (Transcrição do aluno F)

É curioso ressaltar que um dos alunos escolheu assumir a identidade do pesquisador (Ricardo), pois argumentou que assim poderia responder melhor as demandas do jogo.

Todos os personagens pertenciam a Polícia Federal do Brasil e formavam uma equipe, com diferentes cargos, como: cientistas, assessores de imprensa e policiais investigadores. O jogo teve início com a convocação da equipe de policiais pelo delegado Frederico Skinner, para investigar um crime cometido contra uma plantação de soja na região de Jardinópolis, estado de São Paulo. Após a convocação, os investigadores foram ao local e constataram uma plantação devastada pelo fogo. Ao chegar ao local, a equipe interrogou o produtor, no sentido de obter algumas informações acerca da queimada. Ao ser questionado, o produtor forneceu as seguintes informações:

- Coloquei fogo para matar a praga (insetos geneticamente modificados) que foi colocada na plantação para destruí-la;
- Os insetos foram colocados lá para destruir a plantação de soja, pois ela era transgênica;

- Há panfletos espalhados pelo lugar, contendo o manifesto do grupo ambientalista “Mundo Verde S.A”;

Após as pistas, a equipe se dirigiu à plantação. Ao chegarem ao local, a equipe encontrou um broche pertencente ao grupo “Mundo Verde S.A” (figura 1).



**Figura 1.** Broche do grupo ambientalista responsável pela manifestação contrária às plantações transgênicas de soja no Brasil.

Ao receberem essa pista, o procedimento adotado pela equipe foi recolher o objeto e encaminhá-lo ao laboratório para análises. Na seqüência, a equipe decidiu entrevistar o caseiro, no intuito de conseguir mais pistas. A equipe interrogou, de maneira insistente, sobre os motivos do fogo, e se tinha informações sobre o Mundo Verde S.A. Outro procedimento adotado pelo grupo foi ir à procura de insetos para análise.

Nesse momento, o grupo foi informado que a imprensa estava no local e aguardava um pronunciamento para saber o que estava acontecendo. Ao ser questionada, a equipe elaborou e encaminhou para a imprensa a seguinte nota:

A princípio não temos suspeitos, interrogamos as pessoas da fazenda e não temos nada a não ser um broche de uma organização denominada “Mundo SA”, um inseto morto e um vivo que mandamos para análise (sic) para termos mais informações, sabemos também que a plantação foi queimada para evitar a contaminação nos 60 hectares que existem ali.

Após o pronunciamento, a equipe encerrou o trabalho naquele dia e cada um se dirigiu à sua casa.

No dia seguinte, por volta das 7:30 h da manhã, o delegado Frederico Skinner convocou a equipe novamente para resolver mais um caso, um incêndio no canavial na cidade de Silvânia, também no estado de São Paulo. Ao chegar ao local, o produtor afirmou que o incêndio foi provocado pelo mesmo grupo de ecoterroristas que atacaram a plantação de soja. Além disso, a equipe constatou que:

- Havia panfletos no local (porém, diferentes daqueles encontrados na última ação)
- Havia trabalhadores, bóias-frias, cortando a cana.

No local, a equipe indagou o proprietário sobre o ocorrido, perguntando se o mesmo tinha conhecimento referente à organização “Mundo Verde S.A.” e sobre quem provavelmente havia colocado fogo na plantação. O proprietário salientou que viu apenas carros pretos passando em alta velocidade e arremessando panfletos. Além disso, apontou esse grupo como o responsável por atear fogo na plantação. A partir dessa informação, os membros da equipe começaram a desconfiar do produtor. Um dos membros da equipe (Dunha) apontou que a hipótese mais provável é a de que o produtor ateou fogo na plantação de propósito e utilizou o outro acidente como desculpa para justificar o ato, uma vez que a queimada não é permitida. Sendo assim, argumentou que este acidente foi forjado, enquanto o primeiro de fato ocorreu. Ao serem indagados sobre os motivos de se colocar fogo na plantação, os alunos salientaram a facilidade na hora da colheita. Sendo assim, constatou-se que os alunos utilizaram as informações discutidas durante o minicurso para apresentar essa suspeita. No entanto, na ausência de provas não teriam como afirmar a sua culpa em relação ao incêndio criminoso. O relato dado à imprensa sobre o caso foi:

A princípio, tudo indica, que o produtor esteja (sic) envolvido nesse acontecimento. Pois segundo ele a queima da plantação ocorreu as 21:30 hs (sic), logo após ele ter assistido o jornal referente a matéria sobre o acontecimento de ontem na plantação de soja. Achamos uma pista que é a marca de pneus que já mandamos para análise (sic). Também achamos

panfletos diferentes dos encontrados na plantação de soja e mandamos para analize (sic) em busca de mais pistas.

Após os trabalhos, os membros do grupo foram liberados para retornarem as suas casas.

No dia seguinte, mais um caso. Os investigadores são convocados para resolver mais um atentado. Dessa vez em São Paulo, na casa de um dos presidentes da Exxon-Mobil do Brasil (Esso). A água da piscina de sua casa foi encontrada tingida de preto e repleta de bichinhos de pelúcia. Nesse caso, as pistas encontradas foram:

- Há vários avisos de “Cuidado, veneno!” espalhados ao redor da piscina e da casa;
- Observando os bichinhos, constata-se que são animais marinhos, como focas, baleias e aves.

Por meio dessas pistas, a equipe interrogou o dono da casa. O mesmo argumentou que a piscina amanheceu completamente negra e com os bichinhos de pelúcia e afirmou desconhecer a sua origem.

Após uma busca, a equipe encontrou um broche do “Mundo Verde S.A.” no fundo piscina. O proprietário apontou então que, recentemente, o resultado de um processo judicial contra a Esso havia sido divulgado, que versava sobre um grande vazamento de petróleo no Alaska ocorrido há vários anos. A então equipe propôs uma análise laboratorial da água da piscina e dos bichinhos de pelúcia. No entanto, os mesmos apontaram que não deveriam esvaziar a piscina por se tratar de uma substância desconhecida, e dependendo do caso, poderia proporcionar prejuízos ao ambiente. Essa decisão do grupo refletiu uma discussão realizada durante o minicurso, na qual os reagentes não poderiam ser descartados de qualquer maneira. Esse fato evidencia a contribuição das discussões durante a tomada de decisão. Depois de realizada a análise, constatou-se que a substância preta era suco de tutti-frutti.

Ao retornarem a Ribeirão, a equipe novamente foi convocada pelo delegado Frederico Skinner para resolver mais um caso na cidade de São Paulo, no qual dezenas de postos de combustíveis foram acusados de adulterar a gasolina. Os carros,

depois de abastecerem, simplesmente paravam no meio da rua, prejudicando o trânsito. As pistas levantadas para esse fato foram:

- O problema pode estar relacionado a algum tipo de adulteração;
- É um atentado dos ecologistas mesmo;
- Os personagens conseguem capturar um dos ecologistas e ele dá a localização do mentor do “Mundo Verde S.A.”.

Diante das pistas, a equipe propôs a realização de um experimento para verificar se o problema estava relacionado com a elevada porcentagem de álcool no combustível. Para isso, mencionaram que deveriam adicionar água em uma amostra de gasolina e por meio da diferença de volume entre a gasolina inicial e final, poderiam determinar esse valor. Pela análise, constatou-se que a quantidade de álcool estava dentro dos padrões permitidos pela lei. Sendo assim, a equipe encaminhou a amostra para análise no intuito de verificar o índice de octanagem da gasolina, e após a análise, comprovou-se que este era o problema da gasolina.

Diante disso, pode-se constatar que os alunos explicitaram corretamente o procedimento utilizado na determinação da porcentagem de álcool presente na gasolina, conforme realizado por eles durante o minicurso. Nesse momento, ficou evidente que os alunos conseguiram relacionar o conteúdo trabalho em aula com uma situação mais próxima do dia-a-dia.

Um fato que chamou a atenção da equipe se deu pela presença de um aviso do “Mundo Verde S.A.” na nota fiscal de entrega.

Após os fatos, o laboratório de análises apresentou algumas conclusões:

- Os insetos analisados foram produzidos em laboratório e atacava apenas um determinado tipo de soja;
- Os panfletos encontrados na plantação de soja e na plantação de cana são diferentes, tanto em relação ao papel quanto à grafia;
- A análise das marcas do pneu não revela dados;
- A digital do broche pertence a Flávio Perez, membro da organização “Mundo Verde S.A”

A equipe resolveu pesquisar na Internet algumas informações a respeito da organização “Mundo Verde S. A”, e encontrou fotos sobre um vazamento de óleo no qual os membros dessa organização estavam ajudando animais e tentando impedir que o óleo atingisse outras áreas. Além disso, o grupo encontrou textos informando sobre o acidente.

Durante essa discussão, um dos alunos apontou que se a quantidade de água e óleo fosse menor, a separação poderia ocorrer por meio de um funil de separação. Esse fato evidencia, novamente, a aquisição dos conhecimentos adquiridos durante o minicurso na tomada de decisão, embora este não fosse o procedimento correto para esse caso. No entanto, a equipe apontou que devido a quantidade de óleo presente na água, deveria ser utilizado barreiras de contenção, seja para evitar a propagação do óleo ou para retirá-lo da água.

Após a equipe tomar conhecimento de um encontro sobre ecologia em São Paulo, os mesmos foram até o local no intuito de localizar o Flávio Perez, mentor e financiador da organização “Mundo Verde S. A”. O grupo então conseguiu interrogá-lo e as informações foram organizadas de modo a solucionar os problemas ocorridos.

Após a coleta e análise dos fatos, a equipe se organizou e desvendou os problemas ocorridos, divulgando-os para a imprensa:

- A plantação de soja foi destruída pela introdução de uma praga geneticamente modificada pelo grupo “Mundo Verde S.A.”, por se tratar de uma plantação transgênica que, segundo essa organização, pode proporcionar danos à saúde;
- O fogo no canavial foi ocasionado pelo produtor, que se aproveitou da situação para queimar a cana com o intuito de facilitar o corte da cana;
- O protesto na piscina foi um manifesto do grupo “Mundo Verde S.A.”., e se relacionou a uma sentença que havia sido pronunciada sobre o acidente no Alaska.
- A gasolina adulterada foi fornecida pelo “Mundo Verde S.A.”, no intuito de chamar a atenção de grande parte da população sobre os problemas ambientais.

Após concluídas as investigações, cada membro da equipe elaborou um relatório para o delegado Frederico Skinner. Os textos elaborados foram:

O Lourenço (produtor de cana) deve ser julgado pelo seu falso testemunho e pelo seu ato criminoso de colocar fogo no canavial. O presidente da Exxo-Mobil também deve ser julgado por tentar colocar a culpa no Mundo Verde SA do vazamento do óleo. E, enfim, o Mundo Verde SA por mais que esteja com um pensamento correto deve ser julgado por suas atitudes erradas e criminosas que foram os insetos na plantação de soja, o álcool adulterado no posto e a piscina da casa do presidente da Exxo-Mobil.

Na minha opinião, deveria ter um controle para os combustíveis exemplo: máximo 10 hectares para combustíveis os outros hectares para alimento, etc. O Mundo Verde SA está certo, o mundo está descontrolado, muito só combustível, combustível. Devemos plantar árvores, preservar é cuidar do meio-ambiente da natureza. Eu acho o bio-diesel (sic) uma boa mas feito com óleo coletado de casas e estabelecimentos, usados.

Eu sou a favor do Mundo Verde SA. Pois o Mundo Verde SA agiu corretamente nas tarefas porque pensam no meio ambiente, e é isso o que todos nós deveríamos pensar, pois enquanto uns se preocupam com combustível muitos passam fome. E portanto deveriam continuar agindo assim.

Eu sou a favor do Mundo SA, pois eles sim estão pensando nas pessoas passando fome, sofrendo não tendo boas condições para sobreviver, pegando comida do lixo que contém bactérias e os donos da Esso pensando no dinheiro de como e quanto eles irão fazer combustíveis, como seria a vida deles sem o combustível, e nem aí para as pessoas passando fome, necessitando de um prato de comida para se satisfazer e nem aí para a poluição do ambiente e preocupado se eles vão pode (sic) andar de carro. Porém o Mundo Verde SA pensa nisso, para eles ver uma pessoa comendo arroz e feijão e sua mistura é mais importante que andar de carro para poluir o meio-ambiente e sem ganhar nada em troca.

Sou a favor da ONG "Mundo Verde SA". Sou contra o destruímento (sic) de progresso dos investidores e produtores. Mas em meu ponto de vista hoje em dia está sendo necessário Ong desses méritos.

A organização Mundo Verde SA quer proteger o mundo, mas não deveriam terem agido dessa forma, mas eu concordo com a proteção do planeta. Sou a favor do modo de pensar do Mundo Verde SA, porém as suas atitudes foram erradas e criminosas. Sim temos que preservar o meio ambiente, mas nem todos pensam assim, então primeiramente devemos conscientizar a população do que está acontecendo e não com atitudes criminais.

A partir da análise do RPG, foi possível constatar indícios de uma postura reflexiva por parte dos alunos. Esses ficaram sensibilizados com o problema ambiental, reconhecendo sua interface com a questão econômica, científica, tecnológica e social. A todo o momento, tinham uma preocupação muito grande ao informar a imprensa sobre o ocorrido, de forma a não culpar *a priori* nenhum dos envolvidos nas ações investigadas e, nesse sentido, apesar das dificuldades em redigir os pronunciamentos, sempre procuravam ser o mais fiel possível aos fatos observados.

A maior dificuldade encontrada reporta-se à capacidade em propor e discriminar possíveis saídas, formas de intervenção frente às situações sócio-científicas controversas apresentadas, aspectos fundamentais no desenvolvimento da cidadania. É importante ressaltar o respeito apresentado pelos alunos em relação à opinião dos demais.

Dessa maneira, foi possível constatar que o RPG se constituiu numa ferramenta de avaliação eficiente, uma vez que os alunos demonstraram os conhecimentos adquiridos durante as atividades do minicurso nas diferentes situações proporcionadas pelo jogo.

### **4.3. Avaliação do curso pelos alunos**

Ao final do curso os alunos responderam a um questionário (apêndice 14) com o intuito de avaliar o minicurso. É importante mencionar que nessa avaliação, os alunos não se identificaram, pois acreditamos que dessa maneira poderiam apontar sugestões sem receios. Todos os participantes avaliaram o curso de maneira positiva, de acordo com os relatos:

Bom aprendi muitas coisas nesse curso. Tudo relacionado a química; foi muito legal; divertido e também cansativo. Gostaria de sempre ta participando de todos os outros. Amei.

Na minha opinião o curso foi muito bom; obtive muito conhecimento, no começo quebramos muito a cabeça para fazer experiências, mas se não fosse assim talvez não ficaria guardado tudo o que aprendemos. Enfim foi uma experiência boa.

O curso Eu gostei muito, muito interessante (sic) mesmo, ainda que aprendemos muito com o curso.

Gosto de aprender, antes eu não gostava de química, agora eu adoro é muito legal mesmo. Explicações Ótimas, materiais etc parabéns à todos vocês e Brigado pelo curso que adorei. Me chama para mais hein...

Pra mim o curso foi muito bom, eu aprendi todas as coisas que o professor ensinou, achei que ele ensinou de uma forma simples e objetiva onde todo mundo pode entender o conteúdo pois foi simples, objetivo e muito proveitoso.

Foi muito bom, pois com ele deu para aprender muita coisa que eu não sabia e despertou em mim a vontade de procurar saber mais as coisas e também prestar mais atenção nas informações que é passada para nós.

Nossa nesse curso não tenho nem palavras para falar, foi muito legal e divertido e principalmente interessante e obtive muito conhecimento.

Bem é na verdade a área que quero redigir 'Química', mas em minha análise (sic) um ótimo curso, aprendemos várias coisas, mas acho o que mais valeu foi a força do professor.

Levando-se em consideração os aspectos do minicurso (discussão dos conceitos, debates, experimentos, jogos) os alunos mencionaram por escrito as atividades experimentais como o ponto mais atrativo:

[...] experimentos todos perfeitos; participei de todas e me dei muito bem foi o mais legal de todos (principalmente da gasolina e do álcool).

Para mim o que foi mais significativo foi os experimentos, que foi bem legal, pois aprendemos muitas coisas.

Gostei de todo o curso, jogo tudo mesmo, mas eu gostei mais dos experimentos na prática.

Bom gostei de muitas coisas principalmente os experimentos.

Os alunos mencionaram, a partir de uma conversa, alguns aspectos importantes do minicurso:

A gente aprendeu mais por causa que na primeira etapa a gente teve que quebrar mais a cabeça do que hoje pelas condições do tempo entende? Como eu posso lhe falar? (Aluno H)

A gente já tinha idéia (Aluno G)

A gente já tinha idéia de como era aprendendo com os erros que a gente teve não prestando tanta atenção nos outros como agora a gente já prestou atenção. A gente aprendeu a prestar mais atenção nas informações (Aluno H)

Procurar mais informações naquilo que está dando pra gente (Aluno C)

Criar o mesmo espírito do cientista né, de ter que achar aquilo...(Aluno C)

Deu pra perceber que tudo não veio do nada uma coisa acabou descobrindo outra e foi caminhando (Aluno G)

E daí a gente vai conhecendo os equipamentos e vai ficando mais fácil (Aluno E)

A partir do relato, pode-se constatar que as atividades investigativas contribuíram em vários aspectos para a formação dos alunos, tais como o desenvolvimento de habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais. Além disso, as atividades investigativas proporcionaram aos alunos uma visão mais correta da Ciência, encarando-a como uma atividade humana em permanente construção, como apontam Zuliani (2006) e Azevedo (2004). Tal visão não é proporcionada no ensino experimental por meio da abordagem tradicional. O debate também mereceu destaque na avaliação dos alunos, inclusive daqueles que pouco participaram da discussão:

[...] debates gostei mais sempre tive um medo de falar pois muitas vezes não sabia se estava certo.

Com os debates eu pude ficar por dentro de assuntos sérios e importantes.

Para mim as questões mais significativas foram os debates por ver as opiniões dos outros e comparar as opiniões e pensamentos.

O uso do RPG também foi apontado pelos alunos na avaliação:

[...] o jogo, que foi uma coisa bem interessante.

[...] o jogo foi interessante, diferente e estratégico.

Alguns alunos deixaram outros depoimentos sobre o curso na Internet em um site de relacionamentos ([www.orkut.com](http://www.orkut.com) / Acessado em 15 de outubro de 2008).

Aki um dos lugares em que vivi um dos meus melhores momentos na vida.....e logo atraz o mala do Ricardo (professor).....(SIC) (Aluno E)

com ctza a melhor semanaa :DD foi demais! (SIC) (Aluno C)

cansaaa muiito, mas é bom :D (SIC) (Aluno F)

Dois grandes amigos, que graças au nosso CURSO DE QUMICA podemos nos conhecer.....(SIC) (Aluno A)

qm disse q estuda nas féria é chato? xato é mais naum qndo a turma é legal e o professor tbm....e qndo as aulas são legal...e o mais importante qndo EU estou por pertorsrssr... (SIC) (Aluno H)

BaBum...rsrsrs curso ufscar mto bom. (SIC) (Aluno B)

Embora os alunos tenham apresentado somente aspectos positivos, o curso apresentou problemas, tais como o pouco tempo, falta de discussão de alguns tópicos relacionados aos experimentos, entre outros. No entanto, por estarem em um ambiente novo, em um espaço que nunca haviam conhecido e pelo fato de realizarem durante toda semana diversas atividades experimentais, os mesmos salientaram apenas aspectos positivos.

A motivação é um aspecto importante desenvolvido pelas atividades investigativas, conforme Lewin e Lomascólo (1998). Essa motivação é refletida nas demais atividades do contexto escolar, o que contribui para uma aprendizagem mais significativa.

#### **4.4. Considerações Finais**

A partir da análise das atividades experimentais investigativas, foi possível constatar que:

**Em relação ao domínio dos conhecimentos básicos:** Os alunos A, E, F e G apresentaram uma evolução no domínio dos conhecimentos conceituais durante o minicurso. Os alunos B e C apresentaram o domínio dos conhecimentos básicos nas três atividades experimentais, enquanto os alunos D e H demonstraram o domínio em duas atividades experimentais (na primeira e na terceira). É importante ressaltar que, em geral, todos os alunos apresentaram evolução em relação a esse aspecto, inclusive aqueles que não apresentaram o total domínio em uma determinada atividade. O domínio dos conteúdos foi indispensável no posicionamento dos alunos perante as situações problemáticas apresentadas, e como consequência, na tomada de decisão.

**Capacidade para resolver problemas:** Apenas o aluno C demonstrou facilidade na resolução dos três problemas propostos. Os alunos A, B e D demonstraram em duas situações, enquanto os alunos F e G demonstraram facilidade em uma situação (dado que o aluno F não participou da terceira atividade experimental). Os alunos E e H não

demonstraram habilidade para a resolução dos problemas nas três situações. É importante ressaltar que o pouco tempo destinado a essas atividades afetou diretamente o desempenho dos alunos, uma vez que os mesmos não estão habituados a essa abordagem (Azevedo, 2004). Vale mencionar que, embora alguns alunos não tenham apresentado o domínio conceitual necessário à resolução dos problemas, os mesmos propuseram caminhos interessantes para a solução como, por exemplo, adicionar o álcool à gasolina devido ao princípio “semelhante dissolve semelhante”.

**Domínio das técnicas de laboratório:** Todos os alunos apresentaram uma evolução considerável em relação às técnicas de laboratório. No começo do minicurso, sentiam-se inseguros e a cada etapa a ser realizada, procuravam o pesquisador para auxiliá-los na atividade. No decorrer das atividades, os alunos adquiriram as principais habilidades procedimentais utilizadas, como a manipulação do bico de Bunsen, leitura de volume em provetas, uso da capela, etc, e não mais recorriam ao pesquisador, o que evidencia maior segurança em si. O uso de atividades investigativas, aliadas as discussões teóricas que antecederam as atividades, contribuiu de maneira significativa para o desenvolvimento de habilidades procedimentos nos alunos (Hodson, 1994).

**Capacidade de comunicação:** Os alunos C, E, G e H apresentaram-se bem comunicativos em todas as etapas, seja no debate, nas discussões em grupo e nas discussões entre os grupos e o professor. Os demais alunos participam pouco das discussões, opinando apenas quando o pesquisador solicitava. É interessante ressaltar que desses alunos que participavam pouco, dois deles expressaram suas idéias e argumentaram sobre seus pontos de vista na terceira atividade experimental, o que mostra uma evolução nesse aspecto em relação aos outros dias. Sendo assim, pode-se inferir que as atividades experimentais de caráter investigativo contribuíram, ainda que de maneira tímida, para o desenvolvimento da capacidade de comunicação.

**Colaboração dos alunos:** Todos os alunos apresentaram evolução em relação à contribuição com idéias e opiniões nas discussões em grupo durante o minicurso. Os alunos F e H, por exemplo, não colaboraram com idéias nas primeiras atividades, e com

o passar dos dias, opinaram e até influenciaram a decisão do grupo, o que demonstra a participação dos mesmos no processo de tomada de decisão. Um fato interessante a ser mencionado se deu pela elevada participação dos alunos na execução dos experimentos, sendo que todos colaboraram de maneira significativa nessa etapa, com exceção do aluno G.

**Funcionamento do grupo:** Em duas situações houve problemas relacionados ao funcionamento do grupo. A primeira se deu durante a realização da atividade experimental envolvendo a produção do álcool, na qual os alunos E e H brigaram entre si pelo fato de não concordarem com a opinião do outro, e a segunda situação se deu pela falta de colaboração do aluno G com o companheiro de grupo, uma vez que este ficava circulando constantemente pelo laboratório e deixava a cargo do parceiro de grupo a realização da atividade. É importante ressaltar que no último experimento, o aluno colaborou com o trabalho, tomando para si a responsabilidade de realizar as etapas do experimento. Diante disso, e da crescente participação dos alunos, seja com idéias ou com trabalho no decorrer do minicurso, pode-se constatar que as atividades investigativas contribuíram para uma participação mais efetiva dos alunos durante o minicurso.

**Iniciativa:** Os alunos C, D, E e G apresentaram iniciativa nas três situações problemáticas apresentadas. No entanto, notou-se uma participação maior desses alunos no decorrer do minicurso. Além disso, constatou-se uma evolução considerável nesse aspecto nos alunos A, B e H que não apresentaram iniciativa no primeiro experimento e tomaram a iniciativa nos demais. Esses fatos evidenciaram a contribuição das atividades investigativas no desenvolvimento da iniciativa, aspecto esse essencial no processo de tomada de decisão. É de se ressaltar que apenas o aluno F não apresentou iniciativa perante as atividades propostas.

**Perseverança:** Os alunos A, C, D e E mostraram perseverança durante as três atividades realizadas, enquanto os alunos B, F, G e H apresentaram uma evolução nesse aspecto durante as atividades, sendo que os alunos B e H apresentaram

perseverança na segunda e terceira atividades e o aluno G apenas na terceira atividade. Ressalta-se que o aluno F não participou da terceira atividade experimental. Diante desses resultados, pode-se inferir que as atividades experimentais investigativas contribuíram para o desenvolvimento da perseverança nos alunos.

**Confiança em si:** Constatou-se que apenas o aluno G mostrou confiança em si nas três situações propostas, enquanto apenas o aluno F não demonstrou confiança. Os demais alunos, A, B, C, D, E e H apresentaram uma evolução em relação à esse aspecto, sendo que os alunos A, B, C e H mostraram confiança apenas no experimento três, e os alunos C e H nos experimentos dois e três. A falta de confiança é um aspecto a ser mencionado na abordagem investigativa, pois os alunos estão acostumados a receberem as informações prontas e acabadas (SCHNETZLER E ARAGÃO, 1995), e quando deparam com situações nas quais precisam se posicionar, os alunos sentem-se inseguros. No entanto, como constatou-se, o uso de atividades investigativas proporciona maior segurança dos alunos e como consequência, maior confiança em si no decorrer das atividades, o que contribui no processo de tomada de decisão e formação cidadã.

**Curiosidade e Motivação:** A curiosidade e a motivação foram dois aspectos que caminharam juntos durante a realização das atividades experimentais investigativas. No geral, os alunos que apresentaram curiosidade frente a um problema demonstraram motivação no sentido de encontrar uma solução. Os alunos C, D, E e F apresentaram curiosidade nos três problemas propostos. Desses, apenas o aluno F não se mostrou motivado para executar o experimento visando resolver o problema fornecido, sendo que os demais demonstraram motivação. Os alunos A, B, H e G demonstraram uma evolução em relação à curiosidade e motivação, ou seja, nas primeiras atividades, os alunos A, B e H não demonstraram esses aspectos, enquanto estes estavam presentes nos experimentos dois e três. Dessa maneira, conclui-se que as atividades experimentais colaboraram para o desenvolvimento da curiosidade e motivação, conforme aponta Fernandes e Silva (2004).

**Gosto pela Química:** Apenas os alunos C, E e G salientaram o gosto pela Química na primeira atividade, ao passo que todos demonstraram interesse e gosto no final do minicurso. Um fato interessante ocorreu com o aluno F, que no início do minicurso argumentou que não gostava e que apresentava muitas dificuldades em Química, e que participaria do curso para aprender um pouco mais. No entanto, ao final da semana, o mesmo mudou de opinião, inclusive cogitando a hipótese de ingressar nessa área, conforme segue o depoimento:

Apreendi tantas coisas que hoje cheguei até uma grande dúvida se continuo com o sonho de cursa “moda” ou química. Foi uma experiencia (sic) entanto (sic) (Aluno F)

O gosto dos alunos pela Química foi crescendo durante as atividades do minicurso. Diante disso, pode-se inferir, que o fato dos alunos participarem ativamente do processo de construção do conhecimento, assumindo para si a responsabilidade de propor um experimento para resolver um problema, contribuiu no gosto dos alunos pela Química, assim como no posicionamento perante os problemas. É evidente que os alunos se motivem e persistam na solução de um problema, quando este é de interesse dos alunos. Diante disso, torna-se essencial estimular o gosto dos alunos pelas Ciências, pois assim, podem contribuir para a tomada de decisões em favor de uma sociedade mais justa.

**Em relação à compreensão dos problemas:** pode-se perceber que apenas os alunos B e C não apresentaram dificuldades em relação a esse aspecto. Os alunos A, D, E, F e G apresentaram dificuldades na compreensão dos problemas em um experimento, no caso, os alunos A e E no primeiro, e os alunos D e G no segundo experimento. No terceiro experimento, nenhum aluno apresentou dificuldades de compreensão, o que mostra uma evolução com o passar das atividades experimentais.

**Em relação à elaboração do procedimento experimental:** constatou-se que apenas o aluno C não apresentou dificuldades em relação aos três experimentos propostos, enquanto os alunos E e H apresentaram dificuldades nas três propostas. Os alunos A, D e G apresentaram dificuldades em dois experimentos, sendo que os alunos A e D

demonstraram dificuldades nos experimentos um e três e o aluno G nos experimentos dois e três. O aluno B apresentou dificuldade apenas no terceiro experimento, enquanto o aluno F apresentou dificuldades no primeiro experimento. A tabela 6 apresenta um resumo da análise dos dados referentes as três atividades experimentais desenvolvidas.

Tabela 6: Participação dos alunos nos experimentos.

Aluno		A			B			C			D			E			F			G			H		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Colaborou	Com idéias e opiniões	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	-	S	S	S	N	N	S
	Com trabalho	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	N	S	S	S	S	S
Respeitou as regras de funcionamento do grupo		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	-	N	N	N	S	S	S
Respeitou as regras de funcionamento da turma		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	-	N	N	N	N	S	S
Demonstrou ter iniciativa		N	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	-	S	S	S	N	S	S
Demonstrou Perseverança		S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	-	N	N	S	N	S	S
Demonstrou Confiança em si		N	N	S	N	N	S	N	S	S	N	N	S	N	S	S	N	N	-	S	S	S	N	N	S
Demonstrou Curiosidade		N	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	S	S	N	N	N	S
Demonstrou Motivação		N	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	-	S	S	N	N	N	S
Demonstrou Tolerância e Espírito de cooperação		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	-	N	N	N	N	S	S
Demonstrou Gosto pela Química		N	S	S	N	N	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	N	S	-	S	S	S	N	N	S
Demonstrou capacidade de comunicação		N	N	S	N	N	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	-	S	S	S	S	S	S
Demonstrou domínio dos conhecimentos básicos		N	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	S	N	S	S	-	S	N	S	N	N	S
Demonstrou capacidade resolver problemas		N	S	N	S	S	N	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	S	-	S	N	N	N	N	N
Demonstrou compreensão do problema		N	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	S	N	S	S	-	S	N	S	N	N	S
Demonstrou facilidade na proposição do procedimento		N	S	N	S	S	N	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	S	-	S	N	N	N	N	N
Demonstrou domínio das técnicas de laboratório		N	S	S	N	S	S	S	S	S	N	S	S	N	S	S	N	S	-	N	S	S	N	N	S
Demonstrou facilidade no tratamento da informação		N	N	S	N	N	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	-	S	N	S	S	S	S

S: Sim; N: Não.

A participação é uma categoria importante vinculada à formação cidadã, como argumenta Demo (1996). Na tabela de Pato (1997), os itens “capacidade de

comunicação”, “tolerância e espírito de cooperação”, “funcionamento do grupo”, “iniciativa” estão diretamente relacionados à participação, conforme aponta a análise dos dados. A tabela 7 apresenta os números referentes aos alunos que demonstraram a referida habilidade em cada um dos experimentos.

Tabela 7: Categorias relacionadas à participação.

Categoria	Experimentos		
	1	2	3
Respeitou a regra de funcionamento do grupo	6	7	6 (sem dados de F)
Demonstrou ter iniciativa	4	7	7 (sem dados de F)
Demonstrou tolerância e espírito de cooperação	5	7	6 (sem dados de F)
Demonstrou capacidade de comunicação	4	4	6 (sem dados de F)

Obs.: os números referem-se à quantidade de alunos que demonstrou a referida habilidade em cada um dos experimentos.

De acordo com os dados da tabela 7, observou-se que os alunos apresentaram uma evolução em relação à participação, característica essa essencial no processo de formação cidadã.

Diante das informações, pode-se constatar que as atividades experimentais investigativas contribuíram para o desenvolvimento de habilidades essenciais para a formação de um cidadão consciente.

## Capítulo 5. Conclusão

As atividades investigativas contribuíram em vários aspectos para a formação dos alunos, tais como o desenvolvimento de habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais. Além disso, como evidenciou o RPG, as atividades investigativas auxiliaram a tomada de decisão dos alunos, característica essa fundamental no desenvolvimento da cidadania. Outro ponto a ser mencionado, é que tal abordagem proporcionou uma visão mais correta da Ciência, encarando-a como uma atividade humana em permanente construção. Esse fato se tornou evidente nos depoimentos dos alunos.

É preciso que as propostas de atividades experimentais abram espaço para que os alunos construam o seu conhecimento, que envolvam o levantamento de hipóteses, construção do procedimento experimental, comprovação das hipóteses e discussão dos resultados. Tal procedimento faz parte de uma perspectiva construtivista de ensino, que coloca o aluno como principal sujeito na construção do conhecimento, sem esquecer de levar em consideração alguns aspectos fundamentais no processo de ensino e aprendizagem, como os conhecimentos prévios.

Diante da possibilidade dos alunos seguirem diferentes caminhos, as atividades experimentais de caráter investigativo permitem aflorar ricas discussões no ambiente escolar. Essas discussões dificilmente iriam emergir se o experimento fosse realizado por meio da abordagem tradicional, pois os alunos seguiriam um roteiro contendo os passos para a realização do experimento, sem questionar e compreender os conceitos envolvidos nas atividades.

Do ponto de vista cognitivo, as atividades com enfoque investigativo proporcionam um aprendizado mais eficiente, pois os alunos são os responsáveis pela construção do conhecimento. É importante ressaltar o papel que o professor deve desempenhar nessa perspectiva como mediador, e não como transmissor de conhecimento, como ocorre na abordagem tradicional de ensino.

Pode-se constatar que as atividades investigativas proporcionaram o desenvolvimento de algumas habilidades atitudinais, tais como: reflexão sobre o erro, responsabilidade, autonomia, perseverança e motivação. A motivação foi o aspecto

mais salientado pelos alunos, verificada não apenas na avaliação escrita, mas nos depoimentos orais. Inclusive, alguns alunos argumentaram que tinham uma visão equivocada da Química e que o curso serviu para mostrar que estavam errados. Um fato interessante é que os alunos mantêm contato com o pesquisador constantemente e o questionam sobre a possibilidade de oferecimento de outros cursos. Essa motivação é fundamental e reflete diretamente na aprendizagem escolar.

A partir do desenvolvimento do minicurso, pode-se verificar que os alunos foram ganhando confiança e autonomia com o passar das atividades. A maioria dos alunos evidenciou uma redação difícil - com relação à articulação e gramática - e extremamente resumida, tanto nos relatos referentes aos debates quanto nas atividades experimentais de caráter investigativo. A razão pela qual ocorre a escrita de textos muito reduzidos somente pode ser obtida a partir de pesquisas adicionais; tais textos indicariam uma capacidade de síntese?; Seriam conseqüência da pouca compreensão, o que levaria a uma discussão limitada?; A escolaridade anterior não teria sido suficiente para desenvolver a habilidade da expressão escrita? Apesar das dificuldades com a redação, nota-se uma seqüência lógica de raciocínio para a obtenção dos dados experimentais e na sua utilização durante os cálculos que levaram a resposta final.

Os alunos evidenciaram a capacidade de utilizar o conteúdo conceitual e procedimental em busca da resolução do problema na ausência de um roteiro. Se considerarmos que um pesquisador não dispõe de roteiro previamente fornecido, então, o processo de ensino aqui utilizado é uma viável aproximação da atividade científica que pode ser adotado em situação real de aula.

Outro aspecto muito importante a ser enfatizado é a utilização de temas sócio-científicos controversos dentro da perspectiva CTS aliado aos experimentos. O desenvolvimento de discussões e debates auxiliam os alunos na construção de argumentos e opiniões a respeito de um assunto, e esse fato é essencial para formar um cidadão crítico.

Sendo assim, os resultados apresentados evidenciaram que a metodologia investigativa contribuiu satisfatoriamente para o desenvolvimento de características fundamentais para a formação do cidadão crítico.

## Referências Bibliográficas

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n.2, p. 176-194, 2003.

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A.M.P. **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004. p. 19-33.

BARBOSA, J.O.; PAULO, S.R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.1, p.105-122, 1999.

BARRÓN RUIZ, A. Aprendizaje por descubrimiento: principios y aplicaciones inadecuadas. **Enseñanza de las ciencias**, v.11, n.1, p. 3-11, 1993.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. 1994. Porto Editora. Portugal.

BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.9, n.3, p. 291-313, 2002a.

BORGES, O.N, et al. Situações inesperadas no laboratório escolar. In: **VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2002b, Águas de Lindóia.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciência da Natureza Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

CARRASCOSA, J. et al. Papel de la actividad experimental em la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.23, n.2, p. 157-181, 2006.

CARVALHO, L.C.L.M. **Ética e cidadania**. Belo Horizonte: Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2003. (Banco de Conhecimentos. Estudos Temáticos).

CASTORINA, J.A. et al. **Piaget/Vygotsky: novas contribuições para o debate**. São Paulo: Ed. Ática, 2001.

CAVALCANTI, R.M.N.T. **Conceito de cidadania: sua evolução na educação brasileira a partir da república**. Rio de Janeiro: SENAI/DN, Divisão de pesquisas, 1989. (Coleção Albano Franco, 15).

CHALMERS, A.F. **O que é Ciência, afinal?** Tradução Raul Fiker – São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. I. **Catalisando transformações na educação**. Editora Unijuí, 1993.

CHASSOT, A. I. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

COLL, C. Construtivismo e educação escolar: nem sempre falamos da mesma coisa e nem sempre o fazemos da mesma perspectiva epistemológica. In: RODRIGO, M.J.; ARNAY, J. (Org.). **Conhecimento cotidiano, escolar e científico: representação e mudança**. São Paulo: Ed. Ática, 1998.

DE JONG, O. Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. **Enseñanza de las Ciencias**, v.16, n.2, p. 305-314, 1998.

DEMO, P. **Participação é conquista: noções de política social participativa**. 3. ed. São Paulo: Ed. Cortez, 1996.

DUSCHL, R. La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. **Enseñanza de las Ciencias**, v.16, n.1, p. 3-20, 1998.

FERNÁNDEZ, M.M; SILVA, M.H.S. O trabalho experimental de investigação: das expectativas dos alunos às potencialidades no desenvolvimento de competências. In: **II Encontro Iberoamericano sobre investigação Básica em Ciências**, Burgos, Espanha, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

GALIAZZI, M.C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GALIAZZI, M.C; GONÇALVES, F.P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**, v.27, n.2, p. 326-331, 2004.

GASPAR, A; MONTEIRO I.C.C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n.2, p. 227-254, 2005.

GIL PÉREZ, D. et al. La didactica de la resolucion de problemas em cuestion: elaboracion de um modelo alternativo. **Didáctica de las ciencias experimentales y sociales**, v.6, p.73-85, 1992.

GIL PÉREZ, D. Contribución de la historia y filosofia de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las ciencias**, v.11, n.2, p.197-212, 1993.

GIL PÉREZ, D; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las ciencias**, v.14, n.2, p.155-163, 1996.

GIL-PÉREZ, D. New trends in Science Education. **International Journal of Science Education**, v.18, n.8, p. 888-901, 1996.

GIL PÉREZ, D. et al. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, v.17, n.2, p.311-320, 1999.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p. 125-153, 2001.

GONÇALVES, F.P. **O texto de experimentação na Educação em química**: Discursos pedagógicos e epistemológicos. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

GONZÁLEZ, E. Que hay que renovar em los trabajos practicos? **Enseñanza de las ciencias**, v.10, n.2, p. 206-211, 1992.

GUILLERMO, O.E.P; TAROUCO, L.M.R; ENDRES, L.A.M. O poder das simulações no ensino de hidráulica. **Novas Tecnologias na Educação**, v.3, n.1, 2005.

HODSON, D. Experimentos na Ciência e no ensino de Ciências. **Educational Philosophy and Theory**. Tradução de Paulo A.Porto, 20, p.53-66, 1988.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, v.14, n.5, p. 541-566, 1992.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v.12, n.3, p.299-313, 1994.

HOFSTEIN, A.P.; LUNETTA, V. The laboratory science education: foundation for the twenty-first century. **Science Education**, v.88, p.28-54, 2003.

KRASILCHIK, M. Ensino de Ciências e a formação do cidadão. **Em aberto**, ano 7, n.40, p.55-60, 1988.

LEWIN, A.M.F E LOMASCÓLO, T.M.M. La metodología científica em la construcción de conocimientos. **Enseñanza de las ciencias**, v.20, n.2, p.147-510, 1998.

LIMA, J. F.L. et al. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, n.11, p.26-29, 2000.

LIMA, V.A; MARCONDES, M.E.R. Atividades experimentais no ensino de Química: Reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. **Enseñanza de las Ciencias**, Número extra, 2005.

MALDAMER, O.A. A formação inicial e continuada de professores de Química: professor/pequisador. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2000.

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

MUNFORD, D; LIMA, M.E.C.C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio**, v.9, n.1, 2007.

PATO, M.H. **Trabalho de grupo no Ensino Básico**: guia prático para professores. Texto Editora; Editora Lisboa 2. ed. Lisboa, 1997.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** 6. ed. Trad. Ivette Braga. Rio de Janeiro: José Olympio, 1978.

PIMENTA, S. G. Questões sobre a organização do trabalho na escola. **Idéias**, São Paulo, v. 16, p. 78-83, 1993.

POZO, J. I. (Org.) **A solução de problemas**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES,A. O papel da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v.13, n.2, p.141-156, 2007.

REIGOSA CASTRO, C.E.; JIMÉNEZ ALEXANDRE, M.P. La cultura científica en la resolucion de problemas en el laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**, v.18, n. 2, p. 275-284, 2000.

REIS, P; GALVÃO, C. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n.2, p.131-160, 2005.

RIBEIRO, M.S; FREITAS, D.S; MIRANDA, D.E. A problemática do Ensino de laboratório de Física na UEFS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.19, n.4, 1997.  
RIYIS, M. T. **Simples**: manual para uso do RPG na Educação. São Paulo: Ed. do Autor, 2004.

SANTOS, W.L.P.; SCHNETZLER, R.P. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, n.4, p. 28-34, 1996.

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

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

SANTOS, W.L.P.; SCHNETZLER, R.P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 3.ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R.M.R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola**, n. 1, p.27-31, 1995.

SICCA, N.A.L. **A experimentação no ensino de Química – 2º Grau**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

SUART, R.C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TAMIR, P.; GARCIA ROVIRA, M. P. Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Catalunya. **Enseñanza de las Ciencias**, v.10, n.1, p.3-12, 1992.

THOMAZ, M.F. Experimentação e a formação de professores de Ciências: uma reflexão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.17, n.3, p. 360-369, 2000.

WARTHA, E.J.; FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização no ensino de Química através do livro didático. **Química Nova na Escola**, n. 22, p.42-47, 2005.

ZULIANI, S.R.Q.A. **Prática de ensino de química e metodologia investigativa: uma leitura fenomenológica a partir da semiótica social**. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

## **Referências sobre os vídeos utilizados durante o minicurso**

### **Álcool combustível**

Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=nAyFZl3RBcl>. Fiscais fazem blitz em alojamentos de cortadores de cana. Acessado em 26 de julho de 2008.

Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=Z6nZwtiXPXc> . Viciados em petróleo parte 5 de 5. Acessado em 26 de julho de 2008.

Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=MNCYq61SI-Y>. Migrantes da cana

### **Biodiesel**

Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=JGuFQJb6H8I>. Biodiesel parte 1; Acessado em 26 de julho de 2008.

# Apêndices



# Apêndice 01

## Dinâmica das caixinhas\*

### Materiais utilizados

- Bolinha de gude
- Bolinha de isopor
- Clips
- Prego
- Seringa grande e pequena
- Borracha de dinheiro
- Grão de amendoim
- Palito de sorvete

### Procedimento

Cada grupo receberá uma caixa de cor alaranjada contendo três objetos distintos dos materiais listados.

Os integrantes do grupo deverão reproduzir a caixa verde com o conteúdo da caixa alaranjada por meio de algumas evidências, tais como o som produzido pelos materiais, o deslocamento, o peso, etc.

Cada grupo deverá elaborar uma lista com os materiais que suspeita estar presente na caixa. Abra a caixa de tampa verde e compare-a com a outra. Você construiu um modelo igual ao original?

\* Atividade adaptada da proposta apresentada pelo Centro de Divulgação Científica e Tecnológica (CDCC-USP).

## Apêndice 02

Nome: \_\_\_\_\_

### Álcool combustível

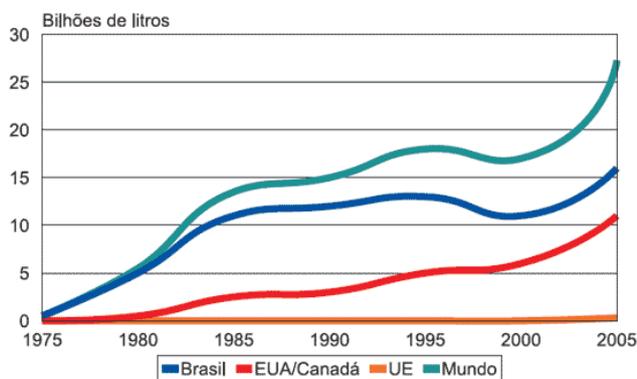
O álcool é um dos combustíveis mais utilizados no Brasil. Sua utilização como combustível teve início com o Pró-Álcool. Esse programa foi criado em 1975 quando houve um aumento no preço do petróleo ocasionado por conflitos no Oriente Médio. Com medo dos preços se tornarem altos por muito tempo, houve uma corrida de diversos países em busca de combustíveis alternativos. E o Brasil saiu na frente nessa disputa, colocando em prática a idéia de usar o álcool como combustível nos automóveis. Os primeiros modelos de carro a álcool foram lançados em 1979, e chegou a representar 66% da frota de veículos produzidos.

O álcool é uma tecnologia brasileira que apresenta muitos benefícios, entre eles, um menor impacto ambiental, menor custo para os consumidores, além de ser uma fonte de energia renovável. Como é obtido a partir da cana-de-açúcar, ajuda na redução de gás carbônico da atmosfera, pois esse gás é indispensável no processo de fotossíntese. Além disso, a produção do álcool emprega um grande número de trabalhadores, desde a plantação e colheita até a obtenção do álcool nas usinas.

Apesar das vantagens, o uso do álcool apresenta algumas desvantagens, como a colheita da cana-de-açúcar. Para a colheita, costuma-se queimar a plantação para facilitar o processo. Para se ter uma idéia, um bóia-fria consegue cortar 2 toneladas de cana por dia se ela não for queimada e sua colheita passa a ser de mais de 8 toneladas por dia se ela for queimada. O problema disso é a elevada concentração de poluentes nas regiões próximas as plantações, além de queimar os nutrientes presentes no solo. Além disso, a maioria dos cortadores de cana vive sem as mínimas condições de trabalho.

**Para refletir: Como resolver o seguinte problema: é melhor gerar empregos de péssima qualidade ou substituir os trabalhadores por máquinas?**

#### Produção Mundial de Etanol



Fonte: Elaboração D. L. Gazzoni, a partir de diversas fontes



Folha de S. Paulo, 25/3/2007.









## Apêndice 05

Nomes: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Questionário: Álcool

1. O grupo encontrou alguma dificuldade na realização do experimento? Se sim, descreva-as.

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Após a discussão entre os grupos, proponha outra maneira de realizar o experimento?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Considerando os problemas e vantagens da utilização de álcool como combustível, debata com o grupo se o Brasil deve continuar investindo na produção deste combustível. Justifique a decisão tomada por todo o grupo.

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Apêndice 06

Nome: \_\_\_\_\_

### Gasolina

A gasolina é uma substância tóxica e inflamável, obtida por meio da destilação do petróleo. Além da gasolina, extraem-se outros compostos importantes nesse processo, tais como a parafina, querosene, gás de cozinha, óleo diesel, etc.

A gasolina, juntamente com o álcool e o diesel é um dos principais combustíveis utilizados no Brasil. Se comparado ao álcool, a gasolina rende mais devido ao seu maior poder calorífico. Se comparado ao diesel, o combustível mais utilizado no Brasil, a gasolina apresenta muitas vantagens, tais como melhor desenvolvimento e arranque do carro. Além disso, a gasolina pode sofrer adição de aditivos que auxiliam na limpeza dos sistemas de injeção o que significa maior proteção ao motor, e a gasolina com maior octanagem resulta em alguns cavalos a mais de potência nos veículos.

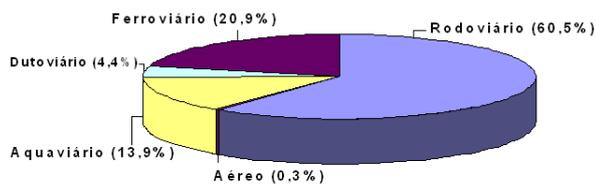
Por outro lado, a gasolina apresenta algumas desvantagens, tais como o seu elevado preço e por ser uma fonte de energia não-renovável. Como fonte de energia não-renovável, o petróleo está se esgotando e isso acarreta disputas por regiões que ainda apresentam quantidade considerável do mesmo. As maiores reservas do mundo estão situadas na Arábia Saudita, Iraque, Kuwait, Emirados Árabes Unidos, Venezuela e México.

Destacam-se ainda as desvantagens em relação ao ambiente. É comum notícias em jornais e televisão de vazamentos de petróleo. Esses acidentes produzem um fenômeno conhecido como “maré negra”, caracterizado pela formação de uma película do produto sobre a água. Com isso, muitas aves e espécies marinhas acabam morrendo, causando um desequilíbrio no ecossistema. Além dos vazamentos, a queima de combustíveis fósseis é o responsável pela maior parte dos gases lançados na atmosfera, contribuindo de maneira significativa para o aquecimento global.

**Para refletir: Recentemente o Brasil tem descoberto novas jazidas de petróleo, o que poderá tornar o país um exportador de petróleo em breve. Dispondo de poucos recursos para investimento, você optaria pela construção de usinas de álcool ou de plataformas de petróleo?**

Adaptação da charge disponível em: <http://www.joildo.net/wp-content/photos/charges>

Composição percentual de cargas



Composição Percentual das Cargas - 2000. Fonte: GEIPOT.

Países desenvolvidos preocupados com a crise dos combustíveis







## Apêndice 07

Nome: \_\_\_\_\_

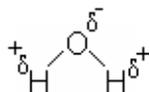
### Resumo

Porcentagem: É uma medida de razão cujo denominador corresponde a 100.

Polaridade/Solubilidade: “Semelhante dissolve semelhante”

- Substância polar dissolve substância polar e não dissolve ou dissolve pouca quantidade de substância apolar.
- Substância apolar dissolve substância apolar e não dissolve ou dissolve pouca quantidade de substância polar.

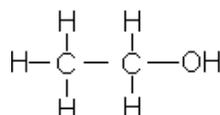
A água é uma substância polar, pois os elementos químicos constituintes de sua molécula (oxigênio e hidrogênio) apresentam elevada diferença de eletronegatividade.



A gasolina é formada por uma mistura contendo mais de 200 compostos. Dentre eles, os hidrocarbonetos 2,2,4-trimetil pentano e o heptano, que são apolares.



No Brasil, o álcool etílico (etanol) é adicionado à gasolina na proporção de 20 a 25%.



Etanol (caráter fortemente polar)

Como determinar a porcentagem de álcool presente na gasolina coletada de um posto?  
(Descreva detalhadamente o procedimento experimental que você deve adotar para resolver o problema proposto. Se necessário, utilize o verso da folha).

---

---

---

---

---

---

---





## Apêndice 09

Nomes: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Questionário: Gasolina

1. O grupo encontrou alguma dificuldade na realização do experimento? Se sim, descreva-as.

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Após a discussão entre os grupos, proponha outra maneira de realizar o experimento?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Tendo em vista as vantagens e as desvantagens do uso do petróleo como combustível, é viável incentivar a sua exploração ou encontrar outras fontes de energia?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Apêndice 10

Nome: \_\_\_\_\_

### Biodiesel

O biodiesel é um combustível proveniente de matéria-prima animal ou vegetal. Pode ser obtido de sebo bovino, suíno ou de aves, ou de soja, mamona, girassol, amendoim, entre outros. É um combustível que vem sendo adicionado ao óleo diesel e até utilizado em substituição ao mesmo.

O biodiesel vem ganhando destaque nos meios de comunicação. A busca por combustíveis alternativos ganha destaque no cenário mundial devido a questão do petróleo. Por ser um recurso não-renovável, é importante a busca de outras fontes para suprir a sua ausência futuramente. Além disso, o petróleo é um dos grandes responsáveis pelos impactos ambientais, uma vez que a sua queima libera gases tóxicos para o ambiente. O biodiesel, além de ser uma fonte renovável, é menos poluente que os combustíveis derivados do petróleo.

Aliado ao problema do petróleo, tem-se discutido a questão dos alimentos. Cada vez mais estão crescendo as áreas de cultivo destinadas à produção de plantas que são empregadas na produção de biocombustíveis. Segundo Ricardo Dornelles, diretor do departamento de combustíveis renováveis do Ministério de Minas e Energia (MME), a produção brasileira de grãos (arroz, milho, soja, trigo, amendoim, girassol, mamoma) aliada a de cana de açúcar cresceu 217% entre 1976 e 2007.

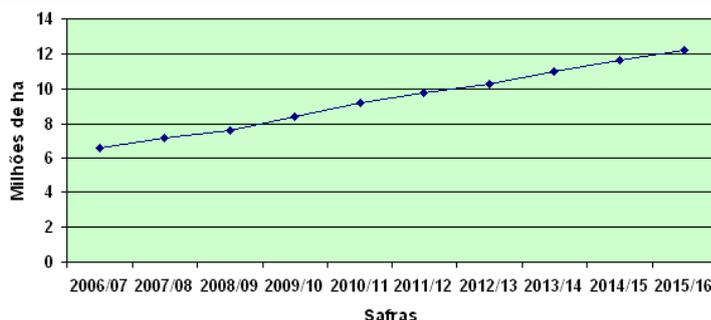
O biodiesel é produzido e utilizado em muitos países, tais como EUA, Argentina, Canadá, Austrália, Filipinas, Japão, Índia, Malásia, Taiwan e os países que integram a União Européia.

**Para refletir: Até que ponto a expansão de culturas destinadas à fabricação de biocombustíveis coloca em risco a produção de alimentos?**



Disponível em:  
<http://www.joildo.net/wp-content/photos/charges>

**Estimativa de crescimento da área plantada no Brasil com cana para indústria para produção de álcool e açúcar no período de 2006/07 a 2015/16** (<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=7448>)











## Apêndice 13

Nomes: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Questionário: Biodiesel

1. O grupo encontrou alguma dificuldade na realização do experimento? Se sim, descreva-as.

R: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Após a discussão entre os grupos, proponha outra maneira de realizar o experimento.

R: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Tendo em vista a polêmica causada pelos biocombustíveis, o Brasil deve investir na sua produção? Discuta com todo o grupo e justifique a resposta.

R: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Apêndice 14

Avaliação do curso pelos alunos (Não precisa se identificar)

## 1. Faça uma avaliação do curso

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2. Comente as questões mais significativas (conceitos, debates, experimentos, jogo) para você.

---

---

---

---

---

---

---

---

## 3. Quais foram os aspectos positivos do curso?

---

---

---

---

---

---

## 4. Quais foram os aspectos negativos do curso?

---

---

---

---

---

---

## 5. Você tem alguma sugestão em relação ao curso?

---

---

---

---

---

---



