INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências

PROPEC

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Campus Nilópolis

Lucas Peres Guimarães

A LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

Nilópolis, RJ

2018

Lucas Peres Guimarães

A LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro IFRJ/Nilópolis, modalidade profissional, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof. Drª Denise Leal de Castro

Nilópolis, RJ

2018

CIP - Catalogação na Publicação

G963l Guimarães, Lucas Peres
A LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA / Lucas Peres Guimarães. -- Nilópolis, 2018.
151 f. 30 cm.

Orientação: Denise Leal de Castro.

Dissertação (mestrado) --Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (PROPEC), 2018.

1. Lei da Conservação das Massas. 2. História da Ciência. 3. Sequência didática. 4. Atividades experimentais investigativas. I. Título.

Elaborado pelo Módulo Ficha Catalográfica do Sistema Intranet do IFRJ - Campus Volta Redonda e Modificado pelo Campus Nilópolis/LAC, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Bibliotecária: Heloisa S. Lima CRB-7/6089

Lucas Peres Guimarães

LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro IFRJ/Nilópolis, modalidade profissional, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Data da aprovação: 22/11/2018

Prof. Drª Denise Leal de Castro (orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Prof. Drª Sheila Pressentin Cardoso
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Prof. Drª Nadja Paraense dos Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Nilópolis, RJ

2018

Ao meu pai, Alexandre José de
Athayde Guimarães

AGRADECIMENTOS

Começarei a agradecer ao meu pai, desde cedo já ouvia e era ensinado sobre a Pós-Graduação e a Academia. Por mais precoce que tenha sido esse mundo na minha educação, foi vital para que eu chegasse até aqui.

Meu filho, Antônio, foi meu combustível para que continuasse e vencesse mais essa etapa. O simples fato de existir e sorrir é refrigério para a minha alma e motivação para seguir. Seu nome já é em homenagem ao cientista que me impulsionou nessa pesquisa. Filho, meu Lavoisier, muito obrigado.

Agradeço à minha esposa Mirna por ter aguentado a minha ausência por tantas vezes, foi uma heroína ao encarar o primeiro ano do nosso filho com tantas ausências de minha parte e por muitas vezes assumiu compromissos relativos ao meu trabalho que sem ajuda, estou certo, que não conseguiria.

À minha mãe Silvana, agradeço por ter sido presente o tempo todo da minha vida, se tivesse que dizer alguém que eu sempre posso contar, com certeza a citaria.

Ao meu irmão Pedro, que por vezes me emprestou seu talento da escrita jornalística para a confecção do folheto fictício de Marat assim como na edição do vídeo experimental.

O meu momento de entrada no mestrado não era propício e esperado, não seria possível sem a ajuda da minha chefia imediata, diante dessa situação que parecia impossível de acontecer, agradeço aqueles que tornaram isso possível:

À Dayse Portugal, primeiramente por ter colocado sua carreira de mais de 30 anos de sala de aula para o meu aprendizado, depois por ter me empurrado para frente no instante que eu iria desistir e por último pelo esforço na mudança de horário.

Às Irmãs Franciscanas do Colégio Nossa Senhora do Amparo, por lutarem com muito amor e zelo por uma escola privada que seja acolhedora e leve o aluno ao protagonismo na sociedade. Obrigado pela oportunidade de trabalhar em um lugar tão especial. Quero citar nominalmente a Irmã Maria Nilta Teixeira por ter sido sensível a minha necessidade de estudo, a Irmã Verônica por ter me dado uma chance incrível na reforma do laboratório da escola, essa é com certeza a maior valorização “física” da minha carreira e a Irmã Sônia que possui uma gestão escolar ativa, autônoma e inspiradora para mim.

À diretora do Colégio Municipal Dr. Maurício Amaral, Kátia Cotia, a sua gestão inspira. Obrigado por ter mudado o horário de forma tão rápida e ter feito eu participar da minha primeira aula no curso sem nenhum peso na consciência de deixar alunos sem aula.

Aos alunos do 9º ano da Escola Municipal Dr. João Paulo Pio de Abreu, por terem participado dessa dissertação com muito empenho que chegou a me inspirar de uma forma

ímpar e além de tudo o reconhecimento e valorização que vocês me deram é o suficiente para me fazer seguir.

Agradeço a todos os meus alunos, todo o esforço desse estudo e de muitos outros vem da total reverência e cuidado que eu tenho com cada um quando uma vida valiosa cruza o meu caminho, e eu, tenho a honra de crescer um pouco mais.

Agradeço à equipe diretiva da Escola Municipal Prefeito Juarez Antunes por ter me acolhido em um momento conturbado e serem sensíveis as minhas limitações e ausências ao cursar o mestrado. Maricléa, Edson e Águida, muito obrigado!

Agradeço à minha orientadora Denise Leal de Castro pela confiança e parceria. Poderia resumir a minha orientação da seguinte maneira: “Denise, a águia, levou Lucas, o pardal, sob suas asas. E o pardal voou mais alto”.

Agradeço à Professora Sheila Pressentin Cardoso, tenho muita admiração ao seu profissionalismo e caráter. Me ensinou que muitas vezes perder é melhor que ganhar, sonho em um dia me tornar alguém tão incrível como você.

À Professora Nadja Paraense pelo encontro que tive em Macaé, estava perdido, no início ainda do curso e me deu um incentivo para continuar com a minha ideia que se concretiza.

À Professora Maria Helena Roxo Beltran pelo encontro que tive em Rio Branco no Acre, depois de tantas leituras que fiz do seu trabalho se mostrou acessível e me apontou novos caminhos.

Diferente da maioria dos agradecimentos, o meu, agradece à Deus nas últimas linhas. Creio no Todo Poderoso que se fez carne para nos ensinar a amar. Me senti amado por cada pessoa em que citei e cada uma dessas vidas e muitas outras foi obra de Deus na minha. Obrigado Senhor, por toda sua misericórdia e bondade que me tem feito e ainda vai fazer.

Fiquei surpreso ao ver quanta obscuridade cercava as abordagens da ciência. Durante as primeiras etapas elas começavam supondo, em vez de provar. Apresentavam palavras que não estavam em condições de definir para mim, ou que só conseguiam definir recorrendo a conhecimentos que eram absolutamente estranhos, e que eu só poderia adquirir estudando toda química. Assim, quando começaram a me ensinar ciência eles supunham que eu já a conhecesse.

Antoine Lavoisier em uma reflexão sobre o ensino de Química que lhe foi ofertado *apud* Bell, 2007.

GUIMARÃES, Lucas Peres. Lei da Conservação das Massas em uma abordagem histórica e investigativa. (151f.) Ensino de Ciências (Dissertação). Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Rio de Janeiro, 2018.

RESUMO

Esse trabalho tem como principal objetivo verificar as possibilidades de convergir duas áreas do Ensino de Química, a História da Ciência e as Atividades experimentais com o viés investigativo para o ensino da Lei da Conservação das Massas para o 9º ano do ensino fundamental. Para isso, foi construída uma sequência didática que foi dividida em três momentos, totalizando quatro aulas de cinquenta minutos. O primeiro momento tem como principal objetivo mostrar a vida de Lavoisier muito além do laboratório, buscando assim demonstrar que a vida do cientista é mais do que experimentos realizados no laboratório. No segundo momento foi trabalhado a relação de Lavoisier com a Lei da Conservação das Massas, discutido a alcunha de que ele é o "PAI" da Química, abrindo espaço para a discussão da Natureza da Ciência, e demonstrado como foi a superação da teoria do flogisto. O terceiro momento da sequência didática foi discutida a Lei da Conservação das Massas através de um experimento investigativo em que o roteiro é aberto e os alunos tiveram que usá-la de modo crítico e não apenas para fins de verificação. Durante a sequência didática com os discentes foram colhidas as ideias prévias que estes possuíam do trabalho do cientista, demonstrado o contexto e as pessoas envolvidas com Lavoisier, as dificuldades de se mudar uma teoria científica e a realização de um experimento investigativo em que os procedimentos teriam que ser repensados. Os resultados analisados revelam que essa sequência didática é viável e leva o estudante a uma postura mais ativa e crítica da construção do conhecimento científico. O uso dessa proposta didática demonstrou ser favorável a um ambiente para a criação de hipóteses e de questionamento por parte dos educandos. Em vista disso, espera-se que o produto educacional empregado como uma sequência didática oportunize a promoção de uma aprendizagem crítica e ativa.

Palavras – chave: Lei da Conservação das Massas. História da Ciência. Atividades Experimentais investigativas. Sequência didática.

GUIMARÃES, Lucas Peres. Lei da Conservação das Massas em uma abordagem histórica e investigativa. (151f.) Ensino de Ciências (Dissertação). Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Rio de Janeiro, 2018.

ABSTRACT

This work has as its main objective to verify the possibilities to converge on two areas on the teaching of chemistry, the History of Science (HC) and experimental activities with the investigative bias to the teaching of the Law of Conservation of the masses in of 9th grade of elementary. For this reason, it was built a didactic sequence that has been divided into three times, totaling four classes of fifty minutes. The first time it has as main objective to show the life of Lavoisier far beyond the laboratory, thus seeking to demonstrate that the life of the scientist is more than experiments conducted in the laboratory. The second time was worked on the relationship of Lavoisier with the Law of Conservation of Mass, discussed the nickname that he is the "father" of Chemistry, opening the space for the discussion of the nature of science, and demonstrated how was the overcoming of phlogiston theory. The third moment of the didactic sequence was discussed the Law of Conservation of the masses through an investigative experiment in which the script is opened and the students had to use it in a critical way and not just for verification purposes. During the didactic sequence with learners was harvested the previous ideas that these were the work of a scientist, demonstrated the context and the individuals involved with Lavoisier, the difficulties of moving a scientific theory and the achievement of an investigative experiment in which the procedures have to be rethought. The analyzed results reveal that this sequence didactics is feasible and leads the student to a more active and critical posture of the construction of scientific knowledge. The use of this didactic proposal proved to be conducive to an environment for the creation of hypotheses and questions on the part of students. In view of this, it is expected that the educational product employed as a didactic sequence oportunize the promotion of a critical and active learning.

Key words: Law of Conservation of mass. History of Science. Probing Experimental activities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1.1.2- Quadro pintado de Lavoisier e sua esposa, Marie Anne 78
Figura 4.1.1 - Aluno resolvendo a questão que envolvia a análise de uma imagem histórica 79
Figura 4.1.2 - Queima da palha de aço no Vídeo Experimental 84
Figura 4.1.3 - Aluno desenvolvendo a atividade prático-experimental investigativa 88

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.2. Aspectos da Natureza e História da Ciência 25
Quadro 2.4.3. Principais características das atividades experimentais de demonstração, de verificação 50
Quadro 2.4.4.Níveis de abertura das atividades experimentais 54
Quadro 3.6- Organização da sequência didática 71
Quadro 4.1.1: Discurso dos alunos na roda de conversa inicial e final 76
Quadro 4.1.3 - Campos envolvidos na atividade experimental 87
Quadro 4.2 - Categorização das respostas dos alunos 91
Quadro 4.3.6: Comparativo das suposições realizadas pelos alunos 99

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO 15

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 19

2.1 - LAVOISIER E O ENSINO DE QUÍMICA 19

2.2 - A IMPORTÂNCIA DA NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS 22

2.3 – A HISTÓRIA DA QUÍMICA E O ENSINO 25

2.3.1 - História da Ciência no Ensino: desafios em sala de aula 29

2.3.2 - Estratégias didáticas no uso de História e Filosofia da Ciência no ensino 32

2.4 – ENSINO DE QUÍMICA E A EXPERIMENTAÇÃO 35

2.4.1 - Experimentação: um termo polissêmico 37

2.4.2 - Contribuições e objetivos das atividades prático-experimentais no ensino de ciências 39

2.4.3 - Os diferentes tipos de abordagens prático-experimentais 46

2.4.4 - As atividades prático-experimentais investigativas: buscando maiores possibilidades no ensino de química 51

2.4.5 - Explorando o erro em uma atividade prático-experimental 56

3 - METODOLOGIA 59

3.1 - DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA DE PESQUISA 59

3.2 - PESQUISA PARTICIPANTE 60

3.3 – A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD) 62

3.4 - O AMBIENTE DA PESQUISA 63

3.5 – COLETANDO DADOS PARA UM MELHOR DELINEAMENTO DO PRODUTO 64

3.6 – PROCEDIMENTOS SEGUIDOS PARA COLETAR DADOS DURANTE A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA 65

3.7 - CONHECENDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA 66

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO 73

4.1 – APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....73
4.1.1- 1º momento: Lavoisier muito além do laboratório 73
4.1.2 – 2º momento: Lavoisier e a Lei da Conservação das massas.....81
4.1.3 – 3º momento: Trabalhando experimentalmente a lei da conservação das massas.....86
4.2 – Análise das respostas referentes às questões históricas.....90
4.3.5 – Análise das respostas construídas de forma oral e coletivamente na atividade prático-experimental investigativa.....96
4.3.6 – Análise das hipóteses construídas na atividade prático-experimental investigativa...99

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS 102

REFERENCIAIS 106

APÊNDICE A.....115

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL 117

1 - INTRODUÇÃO

Nesse primeiro momento gostaria de estabelecer a relação entre a minha vida profissional e o tema desse projeto de pesquisa. Em 1990, ano em que nasci, meu pai, com formação em engenharia civil, começou a ser professor universitário de uma instituição privada do Sul Fluminense. Assim cresci sempre observando a pesquisa acadêmica, os desafios e as necessidades dessa carreira. Na minha escolha profissional ele sempre ressaltava a sua preocupação na relação dessa minha decisão com a pós graduação. Hoje posso afirmar que a atitude paterna de estabelecer na minha educação familiar a importância de um mestrado me trouxe um amadurecimento e dedicação para esse momento que estou vivendo.

Formação inicial em ciências biológicas iniciando a minha docência no 9º ano do ensino fundamental em uma escola privada. Desde o primeiro dia fui cobrado pela realização de experimentos com meus alunos e assim decidi me aprofundar no ensino de química, mas notadamente nos estudos da experimentação na escola. Depois de três meses a diretora dessa escola me procurou dizendo que na região sul fluminense havia poucos professores de química e se eu não poderia cursar a faculdade para dar aulas no ensino médio, não hesitei e me matriculei na faculdade de química em que me encontrei profissionalmente, nunca tendo lecionado biologia no ensino médio.

Essa seção deveria ser apenas uma introdução ao projeto de pesquisa, mas acredito que não estaria completo se eu não esclarecesse às motivações pessoais que me trouxeram até aqui.

A experimentação está intimamente ligada com os professores de Química. Inicialmente, sempre buscava experimentos fascinantes para os alunos, contudo com o tempo em sala de aula, acidentes e sermões de diretores pude perceber que o bom experimento não é aquele que fascina. Uma das questões que mais me deixava aflito na minha prática pedagógica era a falta de conexão entre a teoria dada em sala de aula e a prática apresentada nos experimentos. A minha formação inicial estava imersa nos conceitos do laboratório tradicional e foi a partir daí que comecei a conhecer a abordagem investigativa, em que uma atividade prática não precisa ser necessariamente uma experimentação. Com esse tipo de atividades nossos estudantes poderão confirmar, ampliar e modificar seu próprio referencial teórico (BORGES, 2002).

Quando comecei a refletir sobre o ensino por investigação, as minhas aulas experimentais começaram a possuir roteiros mais abertos em que os resultados eram trabalhados conforme eram encontrados pelos estudantes. Entretanto alguns questionamentos dos alunos durante essas aulas me chamavam atenção: “Professor meu experimento deu errado! Não foi igual ao do cientista... Cientistas não erram”!

Este projeto apresenta questionamentos que vão levar a uma sequência didática que visa a articulação da História e Filosofia da Ciência e a Experimentação por Investigação. A principal intenção é de realizar uma proposta em que o professor ao ensinar a lei da conservação das massas seja mais do que um mero reprodutor de algo que já está posto.

A abordagem dessa estratégia, para ser utilizada em sala de aula, começou a se delinear da análise de alguns pontos do artigo, “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”. Os autores desse artigo nos fornecem uma visão geral de como o ensino de ciências leva aos educandos a imagem do trabalho científico. Gil Pérez *et. al.* (2001) afirmam que as concepções dos estudantes e dos futuros docentes não se afastam de uma imagem popular da ciência associada a um método científico único e os autores reafirmam que as limitações de uma educação científica centrada na mera transmissão de conhecimentos deram origens a concepções epistemológicas inadequadas.

Segundo a pesquisa de Gil Pérez *et al.* (2001) foi possível determinar algumas imagens deformadas do trabalho científico dentre as mencionadas. A minha pesquisa se preocupará em produzir uma sequência didática que vise evitar a imagem problemática e ahistórica. Essa visão é caracterizada pelos autores como sendo uma visão dogmática e fechada do trabalho científico, que é propagada quando os conhecimentos científicos já elaborados são passados para os educandos sem mostrar os problemas que lhe deram origem.

Portanto, a importância de se desenvolver um trabalho histórico da biografia de Lavoisier, tendo em vista que quando são analisados livros didáticos percebem-se escassos dados biográficos, já que a maioria desses livros apresentam a lei da conservação das massas como a única contribuição de Lavoisier. Além disso, informam de maneira errônea que esse postulado foi observado experimentalmente por Lavoisier. (VIDAL, CHELONI e PORTO, 2007).

É muito comum os professores realizarem experimentos tão tradicionais e conhecidos para comprovar a lei da conservação das massas, no entanto, a História e

a Filosofia da Ciência criticam duramente a ideia de que por meio de um simples experimento científico pode-se provar ou refutar uma teoria científica. Segundo Pereira e Moreira (2017) há uma falta de compreensão dos professores quanto a prática do laboratório didático, já que muitos quando indagados acerca da importância das atividades prático experimentais em suas aulas, a consideram importantes mesmo não tendo entendido o seu real papel no processo de ensino e aprendizagem para os educandos.

Galiazzi e Gonçalves (2004, p. 326) conseguem sintetizar o que temos discutido até aqui quando afirmam que, “alunos e professores têm teorias epistemológicas arraigadas que necessitam ser problematizadas, pois, de maneira geral, são simplistas, cunhadas em uma visão de Ciência neutra, objetiva, progressista e empirista”. Além disso, esses autores também criticam a ideia da experimentação para comprovação de teoria e para a motivação de alunos, evidenciando a necessidade de convergir a experimentação através de uma problematização proveniente da História e Filosofia da Ciência.

Desse modo, esse trabalho busca articular aulas experimentais investigativas com uma abordagem histórica, para que o professor tenha a possibilidade de ensinar a lei da conservação das massas, sem que esse seja um mero reprodutor do que já está posto. Diante da necessidade das aulas práticas/experimentais de Química com abordagens inovadoras, esse trabalho se propõe a elaborar uma sequência didática de forma articulada com o ensino de História da Ciência para dar subsídios ao professor no ensino da chamada Lei da Lavoisier. O Ensino por Investigação busca tornar o aluno protagonista do processo de ensino/aprendizagem e a História da Ciência leva o mesmo a uma postura mais crítica, já que o leva a um entendimento do contexto social e histórico em que a lei da conservação das massas foi proposta.

Assim, esse trabalho tem como objetivo geral proporcionar e avaliar a convergência entre a história da ciência e a abordagem experimental investigativa através de uma sequência didática no ensino da lei da conservação das massas, tendo em vista por se tratar de um mestrado profissional em que o produto educacional tem o protagonismo no curso. Desse modo, ao longo da construção desta pesquisa tem-se por objetivos específicos:

- Elaborar uma sequência didática para o ensino da lei da conservação das massas, numa abordagem histórica e experimental investigativa.
- Aplicar uma sequência didática para o ensino da lei da conservação das massas numa turma de 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública.

Nesta seção inicial foram apresentadas minhas experiências vivenciadas como pesquisador, as quais influenciaram os trajetos a serem seguidos nessa pesquisa; o problema identificado em sala de aula; a pergunta da pesquisa; a justificativa de se convergir duas áreas distintas no Ensino de Química, ressaltando-se suas relevâncias; o pressuposto e os objetivos gerais e específicos.

Assim sendo, no primeiro capítulo, serão apresentados os referenciais que fornecerão o aporte teórico, tanto na experimentação e no Ensino de Química e respectivamente o seu viés investigativo, a relação dos trabalhos de Lavoisier com o Ensino de Química, assim como os utilizados para a História e Filosofia da Ciência e da Natureza da Ciência. Apoiando-se para isso em trabalhos de autores já produzidos nesse sentido (GIL-PEREZ *et. al.,* 2001; BORGES, 2002a; PEDUZZI, 2001; MARTINS, 2007; OLIVEIRA, 2010; BELTRAN, 2013; FILGUEIRAS, 2015; SOUZA *et.al*, 2013; GIBIN e SOUZA FILHO, 2017; PEREIRA e MOREIRA, 2017). Enfim, visamos apresentar as dificuldades e vantagens encontradas na inserção dessas áreas no Ensino de Química. Através dessa análise, apontamos caminhos para a utilização da História da Ciência e da atividade prático-experimental investigativa como possibilidades para a superação de uma visão problemática e a-histórica da construção do conhecimento científico em sala de aula.

Já no segundo capítulo, caracterizamos o percurso metodológico da nossa pesquisa, justificando seu caráter qualitativo e explicitando os cuidados tomados para a construção do produto, aplicação da sequência didática e análises dos dados gerados no decorrer do processo. Neste capítulo, apresentamos ainda, o perfil dos alunos participantes da pesquisa assim como a estrutura da escola em que essa proposta foi aplicada

No capítulo 3, de forma detalhada, tratamos como se deu a estruturação do produto educacional, assim como sua aplicação. Além disso, apresentamos, algumas falas dos alunos no decorrer das aulas desenvolvidas nessa sequência didática. Essa sequência didática foi composta por três momentos, totalizando quatro aulas de 50 minutos, utilizando recursos como um vídeo contendo o trecho de um filme e um experimento; trabalho com textos didáticos e imagem histórica; e um roteiro aberto de uma atividade experimental investigativa que delineava a atividade.

Por último, no capítulo 4, apontam os aspectos gerais apresentados durante o desenvolvimento de todo o trabalho e a análise dos resultados encontrados assim como a sua discussão. Cabe ressaltar que o produto se encontra no apêndice desse trabalho.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A proposta deste capítulo é situar o campo teórico que abrange os tópicos abordados na pesquisa em questão, sendo eles: Lavoisier e o Ensino de Química, a importância da Natureza da Ciência no Ensino, a História da Ciência no Ensino, o Ensino de Química e a experimentação. Esta pesquisa enquadra-se no ensino de ciências nos anos finais, buscando maior ênfase no ensino de química que acontece no 9º ano. Nesse contexto descrito, alguns pontos merecem destaque no processo de ensino aprendizagem que essa pesquisa buscou delinear.

Os referenciais teóricos pesquisados descrevem a relação de Lavoisier com a conservação das massas e suas outras relações pessoais, a história e filosofia da ciência no ensino e a experimentação sob viés investigativo proporcionando uma nova possibilidade de experimento no processo de ensino e aprendizagem. Havendo em cada um dos seguintes subitens, diálogos com textos e autores dos referenciais.

2.1 - LAVOISIER E O ENSINO DE QUÍMICA

O início da química moderna, como conhecemos foi atribuída a Antoine Laurent de Lavoisier (1743 – 1794). Existem muitos autores (MARTINS e PEREIRA MARTINS, 1993; TOSI, 1994; FILGUEIRAS, 1994; 2015) que refletiram sobre a alcunha do “pai da química moderna”. Segundo estes, os motivos de tal afirmação, são devidas a meticulosidade deste estudioso na quantificação dos seus experimentos; o uso do princípio de conservação das massas como método para se “fazer” a química, e principalmente, uma supervalorização de seu nome e seus métodos após a sua morte trágica pelos tribunais da Revolução Francesa (FILGUEIRAS, 2015).

Cabe ressaltar que o termo descoberta tem de ser discutido e Kuhn (1988) ao discutir a “descoberta” do oxigênio por esse cientista, em seu livro “A estrutura das revoluções científicas” afirma que este termo (descoberta) é questionável, pois, sugere que descobrir alguma coisa é um ato simples e único, atribuído a um indivíduo. E assim, acaba não refletindo a complexidade do processo de identificação de um novo conceito, teoria ou elemento.

Por esses fatos mencionados, atribuir à um único indivíduo específico a responsabilidade de uma “paternidade”, é desconsiderar todo caráter histórico e social desta ciência. O que permite que o leitor a perceba como algo realizado por um indivíduo especial, descolado de seu contexto sócio histórico (GIL PÉREZ *et.al.,* 2001). Isto, segundo esses autores, reforça o caráter linear, cumulativo e atemporal, muitas vezes atribuído ao processo de produção do conhecimento científico. E não reflete a realidade deste processo.

Embora Lavoisier tenha um importante papel no desenvolvimento da química moderna, o processo de construção do conhecimento desta ciência, se caracteriza como uma atividade coletiva e humana, em que o trabalho de pesquisadores anteriores e contemporâneos possuem influência significativa nas pesquisas que atribuímos a apenas um indivíduo.

Segundo Alfonso-Goldfarb e Ferraz (2011) a química moderna se constituiu entre meados do século XVII e finais do século XVIII, a partir dos estudos de uma outra ciência, alquimia. Estas autoras, atribuem os marcos da passagem da alquimia à química moderna aos trabalhos como o “Tratado Elementar de Química” (1789), de Lavoisier entre outros. Assim, as referidas autoras deixam claro a contribuição de outros cientistas na constituição da química como conhecemos, enfatizando mais uma vez que a ciência é uma construção humana e coletiva.

O processo de transformação da alquimia a química moderna não ocorreu de forma linear, imediata e natural. A química vinha surgindo com novas técnicas e uma nova forma de trabalho e método. Contudo, muitos processos e técnicas se mantiveram da alquimia, um dos maiores exemplos é a destilação. Um dos primeiros rompimentos da alquimia aconteceu com a teoria do flogisto, segundo Rossi (2001) o posicionamento de Stahl é controverso, pois ao desenvolver esta teoria, este cientista recorreu à obra Physica Subterranea, de Joaquim Becher (1635-1682), cujas características remetem às ideias de Paracelso.

Assim, conclui-se que o desenvolvimento da química não se deu a partir de uma mudança radical, de uma ruptura de continuidade. O processo de desenvolvimento de uma ciência, assim como o da química, ocorre através de um período de revolução científica, onde “conexões ou ligações entre o ‘novo’ e o ‘velho’ são comuns” (PEDUZZI, 2006, p.62).

Prado (2015) identificou trechos dos livros didáticos e as propostas experimentais que contivessem os termos Lavoisier e suas associações como, por exemplo, flogisto, ar atmosférico, lei da conservação das massas e teoria da combustão. A autora identificou três experimentos do tipo Queima da palha de aço/Balança de pratos através de um recorte feito dos experimentos que abordavam os temas recorrentes ao trabalho de Lavoisier. Observou-se nesse trabalho que os experimentos contidos no Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2012, só possuía experimentos com uma abordagem de verificação/observação, com roteiro fechado para a execução da proposta.

Os experimentos descritos nos livros didáticos, convidavam os alunos a observar a verificação da massa de uma palha de aço antes e depois da queima por meio de uma balança analítica ou pela diferença de peso entre uma palha de aço queimada e uma palha de aço normal em uma balança feita com dois pratos e unidos por arame (PRADO, 2015). Apesar da realização dessa atividade experimental ser relativamente simples, elas facilmente são fadadas ao fracasso, uma vez que deve se levar em consideração a composição da palha de aço, a precisão da balança e a perda recorrente da combustão em ambiente aberto. Muitos são os professores que não reconhecem essas limitações e acabam sendo surpreendidos pelo resultado da atividade experimental.

Prado (2015) afirma que os experimentos propostos pelos livros acabam colocando situações extremamente diferentes das reações de combustão e calcinação dos metais descritas por Lavoisier, até mesmo porque Lavoisier não tinha a intenção de provar a lei de conservação das massas para ele, era uma lei que não precisava ser provada.

Essa dissertação propõem uma estratégia didática envolvendo a lei da conservação das massas e para não fazer isso de forma descontextualizada, foi realizada uma abordagem biográfica de Lavoisier, esse trabalho não usa o modo de se fazer a história da ciência tradicional como sendo uma presentista e com o enfoque nos vencedores, no que deu certo. O recorte biográfico de Lavoisier tem o propósito de explicar o papel que ele desempenhou na lei da conservação das massas, ou seja, na sua construção teórica e todo trabalho experimental envolvido (VIDEIRA, 2007).

É pressuposto que Lavoisier destacou-se entre os seus pares. Destacar-se significa, obter um resultado publicamente reconhecido como notável, ou seja, ele ou qualquer outro cientista torna-se merecedor de receber uma biografia caso as comunidades nas quais estejam inseridos assim o considerem.

Peduzzi (2001) assegura que um dos fatores mais importantes para o ensino de história da ciência é a seleção das fontes dos materiais, pois essas decisões não podem ser dissociadas da visão de mundo e da concepção da ciência do estudioso. O educador que decide trabalhar com a história da ciência passa por uma decisão sobre qual “Lavoisier” deve apresentar aos seus alunos, pois todo o relato histórico é um processo de múltiplas interpretações, são exemplos de questões que possuem respostas distintas para investigadores com diferentes expectativas teóricas.

Essa dissertação envolvendo um recorte biográfico de Lavoisier se torna relevante, pois segundo Costa *et.al.* (2006), a maioria dos estudantes dos períodos

iniciais do curso de Química da UFMG tem pouco conhecimento sobre Lavoisier e sua importância para a Química.

Cheloni, Leme e Porto (2006) observaram que os alunos do Instituto de Química da USP também não têm informações e conhecimentos esperados para estudantes de Química, reforçando a ideia destacada como sendo a reprodução de uma imagem deformada no Ensino de Química.

Segundo Filgueiras (2015), Lavoisier não foi um descobridor de novas substâncias, muito menos fundamentou leis. Ele foi um sistematizador e quantificador de reações químicas. A grande questão que esse trabalho analisa no recorte biográfico de Lavoisier são suas contribuições com relação a lei da conservação das massas. De um modo geral, muitos livros didáticos e professores passam uma imagem equivocada do cientista, a abordagem histórica que esse trabalho propõe se pauta então em realizar uma análise mais ampla e integral das contribuições de Lavoisier.

Desta maneira, não se pode comparar um experimento deste tipo ao trabalho realizado por Lavoisier e faz-se necessário um estudo prévio para a realização dessa atividade experimental que é tão comum. É necessária uma reflexão do docente em outras metodologias de ensino, no caso da abordagem da lei da conservação das massas, a História da Ciência é fundamental para evitar uma imagem distorcida do trabalho de Lavoisier.

2.2 - A IMPORTÂNCIA DA NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Entende-se como Natureza da Ciência, uma linha de pesquisa que busca conhecimentos sobre a ciência, que trata de seus limites, dos objetivos, da sua metodologia, da aceitação ou rejeição de dada lei ou teoria, assim como de erros e acertos dos cientistas de acordo com o contexto histórico vivenciado.

Segundo Adúriz-Bravo (2005), a Natureza da Ciência e a História da Ciência podem convergir e reunir-se em três grandes grupos temáticos, chamados de eixos da Natureza da Ciência, o que corresponde a perguntas fundamentais que podem ser elaboradas sobre a ciência:

- eixo epistemológico: responsável por apontar o que é ciência e como ela é elaborada;
- eixo histórico: responsável por apontar como muda a ciência ao longo do tempo;

- eixo sociológico: responsável por caracterizar a relação entre a ciência com a sociedade e a cultura.

Um dos trabalhos que podemos citar envolvendo a natureza da ciência é um extenso levantamento de trabalhos de pesquisa na literatura feitos por Gil-Pérez *et al.* (2001). Os autores sintetizaram algumas visões distorcidas acerca do trabalho científico que professores dos diferentes níveis de ensino transmitem, mesmo que inconscientemente. Dentre elas, destacam-se visões socialmente neutras, ahistóricas e descontextualizadas, que não abordam as relações entre ciência e sociedade proporcionando uma imagem do cientista como um ser alheio ao mundo e à necessidade de fazer opções.

Esses mesmos autores apontam para o que seriam características essenciais do trabalho do cientista, dentre elas, o reconhecimento do caráter social do desenvolvimento científico e do reconhecimento do cientista como um ser humano suscetível a erros.

Segundo Gil Pérez *et. al.* (2001), isto se evidencia não apenas pelo fato do ponto de partida (um dado paradigma vigente) ser a síntese das contribuições de gerações de investigadores, mas também pelo fato da investigação cada vez mais procurar dar respostas a questões colocadas pelas instituições, nas quais o trabalho de cada um é orientado por linhas de pesquisas que são definidas não somente com base na curiosidade científica, mas por interesses econômicos, sociais e políticos mais amplos.

No ensino de ciências é fundamental considerarmos que o trabalho dos cientistas não ocorre à margem da sociedade em que vivem, sendo influenciado pelas variadas conjunturas de seu momento histórico. Isto torna fundamental a questão de como trabalhar os aspectos culturais e históricos da produção do conhecimento científico no ensino escolarizado das ciências.

Além do trabalho de Gil-Pérez *et. al.* (2001), outros trabalhos convergem para alguns aspectos a serem abordados ao se trabalhar Natureza da Ciência (EL-HANI, 2006). Esses autores apresentam ideias em comum sobre a Natureza da Ciência, consideradas importantes para uma construção mais elaborada do conhecimento científico por parte dos alunos. Podemos citar algumas delas:

- o conhecimento científico tem uma natureza conjectural;

- o conhecimento científico tem uma dependência parcial, mas não total e única, da observação, da evidência experimental, de argumentos racionais e do ceticismo;
- não há um método científico universal e rígido;
- a ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais;
- leis e teorias cumprem papéis distintos na ciência;
- todas as culturas podem contribuir para a ciência;
- conhecimentos recentes devem ter divulgação ampla e clara;
- a construção do conhecimento científico requer uma crítica constante e apurada de uma comunidade de pesquisadores;
- a criatividade está presente na construção do conhecimento científico;
- a história da ciência apresenta um caráter tanto evolutivo quanto revolucionário;
- a ciência é parte de tradições culturais e sociais;
- ciência e tecnologia geram impactos uma na outra;
- as ideias científicas são completamente influenciadas pelo meio social e histórico que foram construídas.

Gil Pérez *et. al.* (2001) através de um extenso estudo que se baseou em filósofos da ciência e pesquisa com professores de ciências, apresenta algumas ideias que devem ser evitadas na construção do conhecimento científico em sala de aula. São elas:

- a ideia do método científico como uma receita rígida e infalível;
- a ideia de uma ciência unicamente empirista, aquela que brota unicamente da investigação experimental;
- a ideia de um conhecimento científico elitista e individualista, segundo a qual a ciência é construída por um único nome.

Diante disso, como forma de exemplificação entre a Natureza da Ciência e episódios históricos, apresenta-se no quadro 2.2, uma conexão entre alguns aspectos da Natureza da Ciência e a História da lei da conservação das massas implementada por Lavoisier.

Cabe ressaltar que esse quadro servirá de apoio para a construção de textos usados em sala de aula como parte do produto educacional, bem como servirá de aporte para a discussão da Natureza da Ciência com os alunos. A ver:

Quadro 2.2. Aspectos da Natureza e História da Ciência

ASPECTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA	HISTÓRICO DA LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS
Contribuição de culturas diferentes para o avanço científico	Lavoisier se apoiou em estudos de um cientista inglês e outro sueco.
As teorias são influenciadas por aspectos sociais, políticos e religiosos	Lavoisier e Priestley não trabalharam juntos por uma rivalidade existente entre franceses e ingleses no campo político.
A ciência é formada por interpretações ambíguas	A divergência da teoria do flogisto pela nova forma de interpretação da química implementada por Lavoisier.
As teorias são formadas por hipóteses e não simplesmente por observações	Lavoisier nunca fundamentou experimentalmente a lei da conservação das massas, se fundamentou nos estudos de Kant por considerar suas hipóteses já suficientes.
Não existem deduções incontestáveis	Priesteley, cientista inglês renomado, foi até o fim da vida contestando as ideias de Lavoisier.
O conhecimento científico é dinâmico	A implementação da lei da conservação das massas como método experimental na química impulsionou muitos outros avanços na área.

Fonte: Elaboração da pesquisa

No apêndice B será apresentado o produto educacional com os textos históricos trabalhados com os alunos, exemplificando com mais detalhes o recorte biográfico que será feito do cientista Lavoisier, e o seu percurso na implementação da lei da conservação das massas.

2.3 – A HISTÓRIA DA QUÍMICA E O ENSINO

Notadamente vários pesquisadores no ensino de química vem destacando cada vez mais a importância de uma abordagem da história da química no processo de ensino aprendizagem dos alunos, assim como ressaltando a sua importância na formação dos professores. Zanon e Maldaner (2007, p. 9), ratificam o que foi dito quando afirmam:

> São exemplos de limitações apontadas, desde então, no Ensino de Química praticado na Educação Básica: a carência de experimentação e de relações com o cotidiano, a descontextualização, a linearidade e

> a fragmentação dos conteúdos, a desconsideração da História da Química, entre outras.

Nesse sentido, Santos e Schnetzler (2010, p. 128) em seu trabalho “Dos Princípios Gerais para a Elaboração de Propostas de Ensino de Química para Formar o Cidadão” afirmam a respeito do conteúdo que este:

> a) [...] será de caráter interdisciplinar, englobando conhecimentos relativos:
> b) à natureza do conhecimento científico, no qual se incluem discussões sobre a História e a Filosofia da Ciência para que o aluno a conceba como uma atividade humana socialmente contextualizada e em contínuo processo de construção[...].

Cabe destacar que a necessidade de inclusão da história da química no ensino é tema recorrente desde 1984 no II Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) onde tópicos relacionados a esse tema foram discutidos, e em vários outros encontros do IV ao VI ENEQ (1988-1992) e também do VIII ao XIII (1996-2006), como mostrado por Schnetzler (2008, p. 30-34).

Nas cinco últimas edições do ENEQ (SBQ, 2008, 2010, 2012, 2014 , 2016), pode-se constatar que este tema se tornou parte integrante do encontro, com a criação de uma área específica para apresentações de trabalhos os quais incluem tanto palestras e temas de debates quanto minicursos. Além da presença em um evento acadêmico, a possibilidade de contribuição da história da química ao ensino dessa disciplina tem sido mencionada em várias propostas baseadas em diferentes metodologias e tendências pedagógicas e na própria legislação educacional brasileira (BELTRAN, 2009).

Matthews (1995) realizou um estudo retrospectivo e verificou uma aproximação entre história, filosofia e ensino de ciências a partir da década de 80, quando currículos de ciência apresentaram propostas de inclusão de tópicos de história e filosofia para que os estudantes tivessem uma ideia da natureza da ciência. Contudo, esse mesmo autor, baseando-se em estudo norte-americano, percebeu que as pesquisas na história da química eram bem menos enfatizadas que na história da biologia e da física. Porém, como foi enunciado acima, os dados dos ENEQ’s apontam que essa situação vem se modificando em nossa realidade.

Pode-se notar que embora as contribuições que a história da química pode trazer ao ensino dessa disciplina estejam presentes nas pesquisas no ensino de química e na legislação educacional, poucos são os trabalhos que investigam a realização e o efetivo

papel dessas contribuições (BELTRAN, 2013). Essa reflexão pode ser melhor compreendida pelo fato de que a relação entre a história da ciência e o ensino deve envolver duas áreas interdisciplinares: a história da ciência e o ensino de ciências.

O ramo da pesquisa em ensino de química no Brasil, apresenta hoje contornos definidos e linhas de investigação bastante delineadas.

> A identidade dessa nova área de investigação é marcada pela especificidade do conhecimento químico, que está na raiz dos problemas de ensino e aprendizagem investigados. Seu propósito central é o de investigar processos que melhor deem conta de reelaborações conceituais necessárias ao ensino daquele conhecimento em contextos escolares determinados. Isso significa que o Ensino de Química implica a transformação do conhecimento químico em conhecimento escolar, configurando a necessidade de criação de um novo campo de estudo e investigação, no qual questões centrais sobre o que, como e por que ensinar Química constituem o cerne das pesquisas. Schnetzler (2008, p. 23)

Dessa forma, o ensino de química deve ser interdisciplinar de um modo geral, buscando interfaces com outras áreas para que o conhecimento científico seja levado de forma mais adequada. Do mesmo modo, para a investigação e análise de possíveis convergências entre ensino e história da química deve-se, antes de qualquer coisa, localizar os pontos comuns entre essas áreas de conhecimento distintas, considerando-se o objeto de estudo, para que se possa estabelecer novas e coerentes abordagens. Alfonso-Goldfarb (2003, p. 63-64) afirma:

> devo desencapar a malha analítica metodológica de minha ciência de origem e ver de que maneira posso conectar os fios ali encontrados com os de outras teorias, que estabeleçam interface com meu objeto de estudo. A conexão desses vários fios através de várias malhas relacionadas me levaria a observar um mesmo objeto de estudo em níveis diferentes.

Como já mencionado o ensino de química tem como principal cerne o processo de ensino aprendizagem na construção do conhecimento químico, o que abrange as formas de elaboração, transformação e transmissão desse conhecimento, formas estas que também são consideradas na pesquisa em história da química. Desse modo, pode-se considerar que a transmissão do conhecimento aproxima o ensino e a história da química. Beltran (2013, p.73) afirma que “é na concepção de conhecimento que se encontram as semelhanças e as diferenças entre as várias tendências pedagógicas no ensino de química e também entre as vertentes historiográficas na pesquisa em história da ciência”.

A relevância da história da ciência na química já é antiga, pode-se lembrar que na Reforma Francisco Campos (1931), a partir da qual se configura o ensino secundário no Brasil, a partir do seguinte trecho:

> Ao professor ainda compete referir, abreviadamente a propósito das descobertas mais notáveis na química, a evolução dos conhecimentos fundamentais através do tempo, revelando aos alunos os grandes vultos da história, a cuja tenacidade e intuição deve a civilização contemporânea, além da satisfação espiritual de dilatar o conhecimento do mundo objetivo, o concurso dos processos químicos em benefício da saúde, das comodidades da vida, da defesa e do desenvolvimento das nações. (CAMPOS, 1942 *apud* BELTRAN, 2013 p.2)

No trecho destacado a visão ainda era da historiografia da história da ciência tradicional, uma vez que a reforma tinha a ideia da ciência caminhar sempre progressivamente, isso pode ser enfatizado no trecho de mostrar aos jovens o papel dos "grandes vultos" da história e o valor da evolução da ciência para o "desenvolvimento das nações". Nessa perspectiva, "olhava-se para o passado com os olhos de hoje, selecionando nos textos atribuídos a relevantes pensadores, apenas conceitos e episódios que conduziriam à ciência da atualidade" (BELTRAN, 2013 p.74). A partir dessa visão de historiografia, era possível, julgando o passado, encontrar "precursores" ou "pais" da Física ou da Química, por exemplo.

Essa mesma autora, em um outro trabalho em 2009, afirma que a visão de historiografia tradicional passou por significativas transformações durante o século XX, na medida em que as noções sobre elaboração, adaptação e transmissão de conhecimentos se renovavam. Entretanto, só mais recentemente têm-se observado propostas de construção de caminhos para buscar interfaces entre a história da ciência e ensino.

É importante destacar que a aproximação da história da ciência e o ensino precisa ainda buscar um maior aprofundamento e conexão entre os campos de estudo. Beltran (2013) destaca que seria importante buscar caminhos para aprofundar essa análise e considera importante destacar a "epistemologia", um termo comum entre pesquisadores e historiadores da ciência.

A análise epistemológica é fundamental na história da ciência, constituindo uma das esferas, junto com a historiográfica e contextual, a identidade dos estudos na área (ALFONSO-GOLDFARB, 2008). Em conjunto, essas três esferas de análise garantem a pesquisa em história da ciência identificar os conceitos abordados nos documentos analisados, assim como a articulação existente entre eles. Além disso, nas perspectivas

historiográficas atuais, buscam-se ainda rupturas e continuidades nos processos de transmissão, elaboração e transformação dos conceitos em diferentes épocas (BELTRAN, 2013).

Na educação química, a epistemologia se torna relevante pelo fato de apontar caminhos para o estudante na aquisição de conhecimentos químicos. Esses caminhos podem ser baseados através de obstáculos epistemológicos, se a linha for fundamentada em Bachelard, ou seja, assumindo-se que o novo conhecimento se constrói, por rupturas, contra o conhecimento estabelecido (BACHELARD, 1996). Contudo, esse é apenas um dos caminhos possíveis para se pesquisar em ensino de química.

Levando-se em conta a epistemologia nas duas áreas, percebe-se que, enquanto para a pesquisa na história da ciência, a análise epistemológica constitui uma parte - fundamental - da pesquisa, a qual possibilita mapear conceitos em diferentes épocas e culturas (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004). No ensino de química a epistemologia parece ter um papel prescritivo na condução do processo de transposição de conceitos, sem considerar que a elaboração de propostas epistemológicas, como por exemplo, as de Bachelard, também foram elaboradas num contexto diferente do atual (BELTRAN e SAITO, 2012).

Contudo, o processo de identificar diferenças como essas, constitui um primeiro passo a trilhar no sentido de possibilitar convergências entre história da ciência e ensino, o que certamente possibilitará aprofundar pesquisas fundamentais para levar a história da ciência para sala de aula. Deve-se enfatizar que a construção de interfaces entre áreas de conhecimento deve se basear em análises conceituais profundas para que se possam construir as redes que sustentam as abordagens interdisciplinares (BELTRAN, 2013).

2.3.1 - História da Ciência no Ensino: desafios em sala de aula

De modo geral, o termo História da Ciência pode ter duas dimensões. A primeira se refere aos estudos historiográficos da ciência, pesquisadores vão as fontes primárias e refletem sobre diversos aspectos históricos envolvendo cientistas ou dados momentos da história. A outra dimensão está atrelada em como esse conhecimento chega nas salas de aula, uma vez que possui fortes e profundas implicações para a construção do conhecimento científico. O foco desse trabalho é na segunda dessas dimensões, a chamada História da Ciência no ensino.

Ao trabalhar a História da Ciência em sala de aula de maneira mais prática e aplicada, podemos dizer que esta pode ser introduzida como um conteúdo em si ou como uma estratégia didática, como defendem e expõem razões para a presença da História da Ciência nas salas de aula dos diversos níveis de ensino, diversos autores (PEDUZZI, 2001; ELHANI, 2006; MARTINS, 2007; GATTI e NARDI, 2016).

Cabe ressaltar que é de suma importância levar em consideração a necessidade formativa do professor para abordar a História da Ciência em sala de aula, devido as implicações teóricas e práticas dessa aplicação (DUARTE, 2004; GATTI e NARDI, 2016). Além da formação do professor, pode-se afirmar que são muitos os desafios para a implementação da História da ciência em sala de aula. Höttecke e Celestino (2011, *apud* GATTI e NARDI, 2016) analisaram os principais obstáculos para uma real implementação de aspectos da História da Ciência no ensino e apontam:

- a cultura do ensino de Ciências, incluindo a compreensão epistemológica dos professores e suas implicações para o ensino. Desse modo, a disciplina acaba sendo ensinada como uma coleção de fatos que nunca mudam, em um processo de reflexão que não dá margem à reflexão;
- atitudes, crenças e habilidades dos professores, considerando suas concepções sobre os processos de ensino e aprendizagem, sobre as possíveis contribuições de aspectos da História da Ciência no ensino e como tais concepções influenciam a prática pedagógica em sala de aula;
- a questão do currículo, que em muitos casos ignora a importância de tais aspectos no que diz respeito a aprender Ciência e aprender sobre a Ciência;
- o livro didático que ainda aparece como uma das principais fontes de consulta de professores, situação muito complexa se considerarmos que muitos docentes não tiveram tais reflexões durante a formação.

Diante desses obstáculos e mais notadamente na formação docente, existem vários trabalhos na literatura atual que afirmam que a História da Ciência inserida na formação docente pode evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma visão mais apurada de diversos aspectos, envolvendo o ensino-aprendizagem de ciências, e por fim, pode proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula (PEDUZZI, 2001; ELHANI, 2006; MARTINS, 2007; GATTI e NARDI, 2016).

Contudo, pode-se considerar que a simples inserção de elementos históricos e filosóficos na formação inicial não garante a integração desse conhecimento na educação básica. Martins (2007, p.115) atenta para o fato que “as principais dificuldades

surgem quando pensamos na utilização da História da Ciência para fins didáticos, ou seja, quando passamos dos cursos de formação inicial para o contexto aplicado do ensino e aprendizagem das ciências".

Alguns desses problemas são amplamente conhecidos e comuns em outras áreas do ensino de ciências, como a falta de material pedagógico e as dificuldades de interpretação de texto por parte dos alunos.

Em seu estudo, Martins (2007) pretende fornecer subsídios para que, a partir da compreensão das dificuldades reais enfrentadas pelos professores, possamos refletir sobre formas de ação e intervenção pedagógica que, efetivamente, venham a contribuir para a inserção de elementos de História da Ciência no ensino. Em sua pesquisa envolvendo professores e futuros professores, ele consegue delinear algumas dificuldades as quais deve-se atentar qualquer trabalho que pretenda inserir História da Ciência no ensino.

O referido autor identifica que é quase unanimidade entre os professores a importância de sua utilização no ensino, e conclui que a ausência dessa estratégia didática em sala de aula é pelo fato de que não é simples fazer, demanda tempo e preparo adequado. Outro ponto analisado é que a falta de material didático é um problema real, porém há uma grande preocupação com os conteúdos exigidos em exames vestibulares, o que faz os professores se sentirem "presos". Para este tipo de problema, a falta de material didático não é a solução e se essa questão não for repensada, a produção de material didático só ocasionará em inutilização destes na escola (MARTINS, 2007).

Do ponto de vista da formação de professores, Martins (2007) afirma que não basta que tenhamos apenas disciplinas isoladas de História da Ciência na formação inicial. Afirma que é necessário refletir sobre como fazer em sala de aula. Em sua pesquisa, foi constatado que muitos professores consideram a História da Ciência uma importante estratégia didática que pode facilitar a compreensão de conceitos, mas boa parte deles, não consegue perceber de forma clara o uso em sala de aula, limitando-se a considerar essa perspectiva apenas como um conteúdo em si, algo a ser acrescentado ao currículo escolar já estabelecido para a educação básica.

Diante do exposto se quisermos contemplar a História da Ciência na educação básica, devemos realizar um extenso debate sobre metodologias para os currículos das licenciaturas, buscando uma maior integração com outras áreas do conhecimento, como a Pedagogia e a História.

Desse modo, a História da Ciência se encontra na formação inicial do professor, essa chega a educação básica como algo periférico, secundário, como uma “ilustração”. Martins (2007, p. 128) diagnostica que:

> Mesmo quando pensada em termos de conteúdo, é algo a ser acrescentado, quase sempre como uma introdução aos assuntos e temas “regulares” do currículo. Como estratégia, limita-se praticamente ao aspecto motivacional, visando despertar o interesse dos alunos para – novamente – os assuntos “regulares”. Os próprios professores não parecem levar muito a sério a perspectiva de aprender Física com a História e Filosofia da Ciência. Mas, como “ilustração”, sabemos que ela dificilmente cumpre o seu papel.

Martins (2007) continua afirmando que há poucas respostas em sua pesquisa que os professores reconhecem suas dificuldades em trabalhar com esse tema, sempre buscando “terceirizar” a sua responsabilidade (falta de materiais, tempo, vestibulares, alunos e escola). É necessário fazer com que os professores sintam a responsabilidade nesse processo, refletindo e buscando ressignificar a sua prática pedagógica no que diz respeito ao uso da História da Ciência em sala de aula.

Seria oportuno lembrar que o objetivo da pesquisa em ensino de ciências deve ser sempre a sala de aula. Seguindo Peduzzi (2001, p. 157), “é, sem dúvida, a pesquisa, em condições de sala de aula e com materiais históricos apropriados, de boa qualidade, que vai referendar ou refutar afirmações” acerca do papel da História da Ciência na formação de professores e no ensino em geral.

2.3.2 - **Estratégias didáticas no uso de História e Filosofia da Ciência no ensino**

A História da Ciência possui um potencial pedagógico extremamente favorável para a sua aplicação em sala de aula. A inserção no ensino permite a construção de diversas estratégias didáticas diferentes que podem auxiliar no processo de ensino e aprendizagem das ciências. Uma estratégia didática que apresente, como um fio condutor, a História e Filosofia da Ciência pode funcionar como uma saída viável para a constante desmotivação encontrada nas aulas de ciências.

Desde a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais em nosso país, vários programas relacionados à educação científica tentam elaborar saídas para a renovação necessária no ensino de ciências. Nesse sentido, estratégias didáticas que envolvam

História da Ciência podem ser importantes na busca de mecanismos que possam tornar o ensino de ciências mais dinâmico e atraente aos estudantes (MATTHEWS, 1995).

McComas (2013) aponta, alguns tipos de abordagens históricas mais utilizadas na educação científica nos últimos anos. É importante destacar que as estratégias de ensino mencionadas pelo referido autor não são categorias únicas e independentes. De modo geral as estratégias são utilizadas em conjunto, como, por exemplo, o uso de experimentos históricos associados às fontes primárias, a dramatização com a biografia, e assim por diante.

a) O uso de fontes primárias

As interações com trabalhos originais ou fontes primárias representam a abordagem na qual os alunos estudam conceitos correlacionados em determinada época a partir dos escritos dos próprios cientistas, participando das discussões geradas. Essas fontes podem ser trabalhos originais completos ou resumidos e que podem conter comentários adicionais.

b) Narrativas históricas

As narrativas históricas apresentam um propósito estritamente educacional e não costumam utilizar materiais originais, sendo desenvolvidas com o objetivo de um aprendizado direcionado para questões específicas sobre como a ciência funciona ou sobre conteúdos científicos. Muitas vezes utilizam-se diálogos de cientistas com a finalidade de dramatizar e despertar o interesse do aluno.

c) Biografias

Um modo de humanizar a ciência e mostrar aos alunos que ela não é feita por gênios é através do uso das biografias e autobiografias dos cientistas e de suas descobertas. Nestas abordagens podemos encontrar a vida e a pesquisa dos cientistas descritas de forma direta e muitas vezes um “recorte” de certos episódios com sua complexidade.

Vale ressaltar que a aplicação deste tipo de abordagem requer uma cautela maior no sentido de evitar biografias descontextualizadas, cujo foco seria enaltecer grandes descobertas de gênios ou disseminar lendas e mitos, como a queda da maçã de Newton ou o “eureca” de Arquimedes, transmitindo uma imagem distorcida do trabalho do cientista e afastando o aluno do fazer ciência, já que este não se identifica ali.

d) Dramatização

As atividades de dramatização configuram-se naquelas atividades educacionais onde o aluno interpreta personagens históricos, vivenciando na prática as suas ações, participando ativamente dos debates envolvidos. Alternativamente, essa estratégia pode contar com a participação do professor ou de algum ator que, a partir da encenação, poderá ensinar conceitos ou responder questões como se fosse o próprio cientista.

e) Livros ou trechos históricos presentes no livro didático

As apresentações de algum aspecto da história da ciência por meio de livros, estão relacionadas com discussões mais generalizadas ao invés de enfatizar o trabalho de um único indivíduo numa perspectiva biográfica.

Um exemplo deste tipo de estratégia foi relatado por Callegario *et.al.* (2015) na revisão de literatura realizada em alguns periódicos no período de 2003 a 2013, onde dois dos trabalhos analisados apropriaram-se de obras específicas para discussão, realização de práticas experimentais, e como modelo para a criação de um livro com substâncias específicas escolhidas pela turma.

f) Reprodução de experimentos históricos

Um outro elemento considerado relevante para articulação da dimensão empírica do conhecimento científico em sala de aula são os experimentos históricos, que são aqueles “experimentos que surgem a partir do estudo da ciência do passado, e não a partir da ciência atual e na sua preparação pedagógica” (CHANG, 2011, p. 317).

Poucos são os autores que categorizam as estratégias didáticas mais utilizadas no uso da História da Ciência no ensino. McComas (2013), é o mais reconhecido na área. Contudo, sua categorização não deve ser seguida como sendo única, por exemplo, uma estratégia didática que não foi mencionada por esse autor em sua classificação, mas com elevado potencial didático são as imagens científicas.

O termo imagem pode apresentar diferentes significados em função do contexto em que é utilizado. A palavra imagem pode ser entendida como um tipo de representação das atividades psíquicas tais como as representações mentais (Psicologia), como forma de observar e interpretar os diferentes fenômenos da natureza (Ciências), remeter à imagem veiculada pela mídia, como sinônimo de televisão e de publicidade (senso comum), entre outros (JOLY, 2007).

No contexto educacional, Carneiro (1997, p.367) define a imagem como: “uma representação visual, real ou analógica de um ser, fenômeno ou objeto, que normalmente se apresenta em oposição a um texto escrito... normalmente empregada como sinônimo de ilustração”.

No ensino de ciências podemos destacar a importância do uso de imagens uma vez que:

> A representação iconográfica ainda é muito utilizada pelos cientistas atuais para comunicar os resultados de suas pesquisas científicas em eventos, livros e artigos científicos, fazendo-se constantemente presente na construção do conhecimento científico. Todavia ainda é pouco explorada no ensino de ciências, apesar de ser uma opção metodológica diferenciada para se inserir discussões acerca da natureza da ciência no contexto escolar. Pode-se, por exemplo, discutir na sala de aula o caráter evolucionário e revolucionário das Ciências a partir de imagens das indústrias no período da revolução industrial (CALLEGARIO *et.al.,* 2017 p. 838).

Esses mesmos autores destacam em seu trabalho que o uso de imagens é ainda pouco utilizado no ensino de ciências e amplia as estratégias didáticas mencionadas por McComas (2013). Assim, podemos destacar que a História da Ciência no ensino tem um papel importante na construção do conhecimento científico, se renova e é dinâmica, podendo sempre ser desenvolvida novas estratégias didáticas.

2.4 – ENSINO DE QUÍMICA E A EXPERIMENTAÇÃO

Os experimentos no ensino de química, são práticas educativas em geral vistas com bons olhos pelos docentes e sobretudo pelos alunos. No entanto, Souza *et. al. (*2013*)* nos alertam para o fato de que apreciar a experimentação é algo bem diferente de utilizá-la ou compreendê-la corretamente.

É nessa questão, que os autores nos levantam as seguintes questões para discussão: “Qual o papel didático da experimentação?”; “De que maneira ela contribui para a aprendizagem em química?”. Quase sempre, as respostas para essas questões, apresentam respostas simplistas ou parciais tais como “Devemos usar a experimentação porque a química é uma ciência experimental”, “Devemos fazer experimentos para cativar os alunos” e ainda “As experiências ajudam a mostrar a teoria e a prática”. As perspectivas das respostas acima, são demasiadamente simplistas e reducionistas.

Segundo Souza *et. al.* p.14*(*2013) se olharmos a química com atenção, perceberemos que ela “evolui a partir da realidade dos fenômenos observados, sejam eles naturais ou provocados pelo homem, mas também evolui a partir da criatividade e razão humana”. Por isso, a afirmação que a química constrói seu conhecimento por meio da experimentação é uma declaração um tanto quanto reducionista e simplista dessa ciência.

A História da Ciência critica duramente a ideia de que por meio de um simples experimento científico pode-se provar ou refutar uma teoria científica e essa concepção de que a evolução científica ocorre por meio de experimentos cruciais realizados por poucos cientistas brilhantes e que determinam a criação de leis e das teorias científicas vigentes (GIL PÉREZ *et.al.,* 2001).

Por isso, podemos afirmar que a ciência evolui por um processo que não é linear e acumulativo de reflexões. Existem no meio científico muitos embates e debates de pesquisadores e grupos de pesquisadores, alguns hoje reconhecidos e outros que, no decorrer da história se tornaram quase anônimos, sempre com uma pesquisa pautada em aspectos teóricos e fenomenológicos e possuidores de diferentes crenças, conhecimentos e propósitos.

Os problemas relacionados as atividades prático-experimentais no ensino de química não se referem apenas às concepções e relações dos professores e alunos, mas também a maneira como ela é realizada nas aulas:

> As atividades experimentais, tanto no ensino médio como em muitas universidades, ainda são muitas vezes tratadas de forma acrítica e aproblemática. Pouca oportunidade é dada aos alunos no processo de coleta de dados, análise e elaboração de hipóteses. O professor é o detentor do conhecimento e a ciência é tratada de forma empírica e algorítmica. O aluno é o agente passivo da aula e a ele cabe seguir um protocolo proposto pelo professor para a atividade experimental, elaborar um relatório e tentar ao máximo se aproximar dos resultados já esperados (SUART; MARCONDES, 2009, p. 51).

O Ensino de Química, geralmente é pautado em práticas experimentais e essa prática se baseia em duas concepções, que esse trabalho julga como sendo equivocada. A primeira está relacionada com as populares feiras de ciências, que se baseia numa concepção indutiva, nesse tipo de trabalho, basta o aluno observar o fenômeno ou experimento que ele irá aprender o conceito a ele relacionado. A segunda concepção, fundamenta as atividades desenvolvidas no laboratório didático, esta é baseada no método dedutivo que considera o aluno um pequeno cientista e este vai coletar dados, analisar e chegar a um resultado previamente determinado. Essa abordagem não permite ao aluno dar a sua visão do experimento, já que é totalmente

verificacionista e o aluno só irá confrontar o que foi encontrado com o que já foi visto em sala de aula (GIBIN e SOUZA FILHO, 2017).

É necessário repensar os objetivos das atividades prático-experimentais nas aulas de química, assim como a forma de realizá-las. O que se espera é que o aluno assuma um maior papel de protagonismo nas aulas de Química. É necessário que as atividades prático-experimentais tenham uma função pedagógica eficiente, garantindo assim a aprendizagem dos conceitos químicos de maneira ampla, envolvendo a aquisição de habilidades e competências de pensamento, e os fazendo compreender a imagem do trabalho científico que muitos carregam.

Souza *et. al.* (2013, p. 13) defende que as atividades prático-experimentais no ensino de química devem:

> propiciar aos alunos o desenvolvimento da capacidade de refletir sobre os fenômenos físicos, articulando seus conhecimentos já adquiridos e formando novos conhecimentos. Neste processo de construção dos conhecimentos, as atividades experimentais poderiam ser organizadas de maneira a colocar os estudantes diante de situações problemáticas, nas quais eles poderão usar dados empíricos, raciocínio lógico, conhecimentos teóricos e criatividade para propor suas próprias hipóteses, argumentações e explicações. Quanto maior a abertura que se dê aos estudantes nas aulas experimentais para que eles exponham seus raciocínios, confrontem suas teorias e debatam seus argumentos, tanto maior será o desenvolvimento não apenas da aprendizagem de conceitos da ciência, mas também de um pensamento científico.

Nesse trabalho, iremos discutir a experimentação no ensino de química, buscando perceber as contribuições que o experimento pode trazer para a assimilação dos conceitos químicos, as diferentes abordagens experimentais, destacando os seus principais pontos positivos e negativos quando o professor escolhe cada uma delas para a sua aula e por fim discutiremos de maneira aprofundada a abordagem prático-experimental investigativa com as suas vantagens e possibilidades, e o potencial pedagógico do erro, que esse tipo de atividade traz no seu uso assim como os obstáculos que o professor se depara ao optar por esse tipo de abordagem.

2.4.1 - Experimentação: um termo polissêmico

Antes de iniciar a discussão acerca das contribuições dos experimentos para as aulas de química, se faz necessário deixar claro que o professor possui diversos recursos didáticos para utilizar, um deles são as atividades prático-experimentais, não

se tem a intenção, com esse trabalho, de destacar essas atividades como um recurso salvacionista dentro do ensino de química.

Iremos adotar o conceito de experimento de acordo com Espinoza (2010, p. 83) em que este afirma que, o experimento:

> Constitui um artifício didático que não é proposto com o intuito de motivar, imitar ou mostrar como se produz conhecimento científico, mas que representa, na verdade, uma estratégia, para favorecer o aprendizado, estratégia essa que fica principalmente a cargo do aluno.

Apenas propor experimentos não basta, é necessário que quando o professor escolha a experimentação como um recurso didático para a sua aula de química, seja pensada a maneira como as atividades são apresentadas, para que assim seja um momento propício à discussões e reflexões acerca da atividade a ser realizada. É nessa perspectiva que Espinoza (2010) afirma que, na experimentação o que está em jogo são as escolhas didáticas que precisam ser tomadas para a sua realização. Faz-se necessário refletir se o experimento é realmente importante e se sua aplicação não pode ser substituída por outro recurso didático.

De um modo geral, é muito comum a utilização de um grande número de termos (atividade experimental, atividade prática e atividade laboratorial) como sinônimos para se referir a experimentação. Assim, cabe defender um termo dentre vários que existem quando discutimos a experimentação. Nesse trabalho utilizaremos o termo atividades prático-experimental em consonância com o trabalho de Pereira e Moreira (2017).

Existe uma concepção de que todo trabalho de laboratório é prático e quando se vai a esse espaço, se realiza um experimento. Hodson (1992) defende que a prática inclui qualquer tipo de atividade em que o aluno esteja altamente envolvido em todo o processo, incluindo o trabalho laboratorial e o trabalho de campo. O trabalho laboratorial requer a utilização de materiais convencionais de laboratório, podendo ser realizado dentro do espaço laboratorial ou não, nesse segundo caso, se a atividade não oferecer riscos à segurança dos envolvidos.

Pereira e Moreira (2017) afirmam que a atividade laboratorial necessariamente não precisa ser feita dentro de um laboratório, assim como nem toda a atividade prática irá demandar a realização de um experimento, podendo ser um trabalho prático. Um exemplo que pode ser mencionado na área de ensino de Química, é uma atividade realizada pelo professor em sala de aula, com a demonstração do experimento da pilha utilizando a batata para determinação da diferença de potencial para posterior

exemplificação da transformação da energia química em energia elétrica, com o auxílio de um voltímetro, em que os alunos tomam notas, registram os dados e procedam com toda a análise do experimento, ou seja, trata-se de um trabalho laboratorial que não demanda o espaço do laboratório. Agora, em uma visita a um espaço não formal, como um museu, em que os alunos observam que a cor dos planetas está relacionada com a quantidade de um determinado elemento químico presente nele, e o professor aproveite esse momento para realizar uma atividade que não envolva nenhum aparato comum nos laboratórios, podemos então dizer que essa é uma atividade prática, uma vez que o aluno é colocado em um papel mais ativo.

Cabe agora esclarecer o termo atividade experimental, que apesar de não conduzir necessariamente ao trabalho laboratorial, remete a uma atividade que envolva controle e manipulação de variáveis, mesmo que adaptado a diferentes níveis. Uma atividade experimental nem sempre é uma atividade laboratorial e vice-versa, certas atividades práticas podem assumir o caráter experimental, como uma visita a um espaço não formal.

Pereira e Moreira (2017, p. 268), em uma discussão sobre os diversos termos utilizados para designar os experimentos em sala de aula, consideram que

> (...) em termos pedagógicos, mais adequada a utilização da expressão atividade prático-experimental para caracterizar as atividades realizadas no contexto de ensino de ciências, uma vez que nesse contexto nem o professor e nem o estudante desempenham o papel de um cientista, tampouco detém de todo o background necessário ao desenvolvimento de um experimento tal como um cientista em seu laboratório.

Kirschner (2009) afirma que o educador deve ensinar química e ensinar sobre química, como parte de suas atividades, mas não fazer química, a atividade prático-experimental deve contemplar em sala de aula atitudes procedimentais, atitudinais, além dos conceitos químicos adquiridos no processo de construção e utilização desse recurso didático. Este trabalho utilizará a nomenclatura atividade prático-experimental para se referir as atividades realizadas a fim de se evitar as confusões comuns com os termos polissêmicos com os quais nos deparamos.

2.4.2 - Contribuições e objetivos das atividades prático-experimentais no ensino de ciências

Considera-se nesse trabalho como atividades práticos-experimentais, montagens, dispositivos e aparatos que se referem a determinados fenômenos ou

processos expostos em uma situação física e que são acompanhados de procedimentos qualitativos e/ou quantitativos, formando assim um conjunto de ações que embasam esse tipo de atividade, com o fim pedagógico, que pode ser associado com algumas possibilidades, dentre as tais, podemos citar:

- Problematização e questionamentos de uma situação física, sobre alguns de seus principais aspectos e sobre o que os alunos já sabiam anteriormente a realização da atividade;
- Identificação e/ou controle de variáveis relevantes da situação apresentada e procurar sempre estabelecer relações entre essas variáveis;
- Estudar essa situação de maneira aprofundada, buscando o conhecimento sistematizado sobre o que foi exposto, ou ainda, buscar a construção de conhecimentos sobre essa situação, levando-a como uma situação mediadora entre teorias e leis dos diversos conceitos científicos e a realidade que os cerca;
- Resolução de problemas associados a situação física exposta. (WESENDONK, 2015)

Quando nos deparamos e refletimos sobre os objetivos da utilização de atividades prático-experimentais em sala de aula, estes podem ser sempre associados a alguns aspectos que são característicos do conhecimento de uma área científica, tais como:

- Aspectos conceituais: Os alunos aprendem os elementos de ciências em uma área científica específica (Química, Física ou Biologia);
- Aspectos epistemológicos: Aprendem elementos sobre como a ciência em uma dada área científica específica é/foi construída e se desenvolve;
- Aspectos procedimentais: Aprendem elementos sobre como fazer ciências em uma dada área científica específica. (Adaptado de Hodson, 1994).

Cabe ressaltar que os três aspectos discutidos acima são igualmente importantes e necessários dentro da realização de uma atividade prático-experimental, assim, quando o professor planeja uma atividade, deve fazê-lo de forma que os educandos possam atingir os objetivos que estão associados a cada um desses aspectos.

Entretanto, consideramos que atingir os objetivos simultaneamente e com equidade, nem sempre vai ser possível; mas enfatiza-se que não se deve desenvolver as atividades prático-experimentais considerando apenas desenvolver os aspectos conceituais no aluno, como rotineiramente podemos observar nas escolas da educação

básica. Em outras palavras, sugerimos que o docente utilize esse recurso didático de forma mais ampla, abrindo esse momento de aula para diversas possibilidade e não apenas como um meio de auxiliar os alunos a aprenderem o elemento do campo conceitual em estudo.

Para que ocorra a introdução das atividades prático-experimentais em sala de aula, é necessário levar em conta alguns aspectos mencionados por Hodson (1994) como por exemplo: o domínio de elementos do campo conceitual pelos professores; a correlação dos materiais às condições de ensino/aprendizagem na realidade escolar; a adaptação dos materiais às habilidades dos alunos; a integração da atividade prático-experimental ao ensino podendo haver correção do material do ponto de vista conceitual.

As atividades prático-experimentais podem ser utilizadas com diferentes objetivos e também podem fornecer variadas contribuições para o ensino e para a aprendizagem de Ciências. Oliveira (2010) lista algumas dessas contribuições, sendo elas:

a) Para motivar e despertar a atenção dos alunos

Com relação ao primeiro ponto, podemos dizer que tanto os alunos quanto os professores costumam concordar que as atividades prático-experimentais possuem caráter motivador. Nessa perspectiva, podemos entender que a motivação é uma das grandes contribuições desse tipo de atividade, principalmente do ponto de vista do despertar de interesse dos alunos mais dispersos em sala de aula. Essa contribuição é muito questionada por pesquisadores (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Segundo Hodson (1994), a experimentação não é vista de forma igual por todos os alunos, o autor destaca que os meninos se sentem mais seguros que as meninas em atividades prático-experimentais que envolvem a manipulação e, podemos observar que o entusiasmo diminui ao passar dos anos em atividades como essa.

b) Para desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo,

Frequentemente ouvimos em reuniões que buscam a melhoria do ensino no Brasil, que o trabalho em grupo é um instrumento para isso, já que a desgastada relação professor-aluno, muitas vezes não permite a socialização necessária para o estudante. Assim, podemos dizer que as atividades prático-experimentais favorecem o trabalho em grupo em sala de aula, permitindo além da socialização dos alunos, o respeito já que são colocados em certas situações nas quais precisam aprender a ouvir a opinião dos colegas, a negociar e muitas vezes renunciar às próprias ideias (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004). No entanto, não basta apenas colocar os alunos em grupos e

esperar que tudo ocorra instantaneamente, é necessário que o professor assuma o papel de um mediador da atividade, deixando claras as regras de convivência e sempre intervindo quando perceber que a discussão não está sendo levada de forma adequada.

c) Para desenvolver a iniciativa pessoal e a tomada de decisão,

A apatia e a passividade são comuns na realidade atual no ensino de ciências. As aulas tradicionais geralmente os mantém em uma inatividade física e mental, mesmo quando lidam com materiais que não são rotineiramente usais em outras disciplinas escolares, como espécimes e instrumentos laboratoriais específicos. Isso ocorre porque o aprendizado em ciências requer mais que a observação, é necessário que o aluno especule e tenha ideias próprias a partir de sua observação.

Quando os alunos são instigados a formular hipóteses para desenvolver ideias próprias pela observação do experimento, acontece a partir daí um estímulo para que aconteça a tomada de decisão dentro do âmbito escolar em uma aula que envolva uma atividade prático-experimental (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004).

Ainda nessa perspectiva de levar o aluno a uma tomada de decisões, Borges (2002) afirma que mesmo quando a observação de uma atividade prático-experimental não for coerente, é necessário a correção do professor e que essa seja feita com cuidado e elogios para que ocorra um ambiente que estimule a formulação de hipóteses e a tomada de decisão. Esse ambiente que estimule o aluno a propor e fundamentar ideias é aquele que o professor deixe claro que não será uma espécie de avaliação oral (punitiva e classificatória), para que assim os alunos se sintam livres para opinar e se expressar. É importante que o professor enfatize a importância do conhecimento, levando ao aluno a compreender que muitas vezes o “erro” é importante para a construção do conhecimento científico.

d) Para estimular a criatividade,

O estímulo a criatividade pode ser um dos principais objetivos ao se ensinar ciências. A atividade prático-experimental constitui um grande recurso didático para o estímulo dessa habilidade. Oliveira (2010) cita alguns momentos dentro dessas atividades que estimulam a criatividade do aluno, são elas:

- Pensar em possíveis substituições nos materiais empregados no experimento, justificando suas escolhas,

- Executar e/ou auxiliar na montagem do experimento; instigando-os a pensar antes da execução do experimento sobre os possíveis resultados a serem obtidos,
- Fazer desenhos ou esquemas que representem a atividade experimental. (BORGES, 2002; GASPAR, 2003; CARVALHO *et. al.,* 2005)

Quanto mais os alunos estiverem envolvidos nessas atividades, principalmente devido ao seu uso, mas a criatividade será estimulada nos educandos, possibilitando ao professor uma abordagem mais coerente e centrada no aluno como protagonista do processo de ensino e aprendizagem.

e) Para aprimorar a capacidade de observação e registro de informações

Talvez essa seja a contribuição mais perceptível quando se realiza uma atividade prático-experimental. Em qualquer uma delas, é exigido do aluno uma grande capacidade de registro de informações do que é observado, é muito importante para que o aluno entenda o desenvolvimento que ele vai propor.

Uma consideração que deve ser feita é que o professor que escolhe a confecção de relatórios, deve ter em mente que a apropriação da escrita científica não é simples e rápida de ser assimilada. É muito importante que o professor dê o devido respaldo e as informações necessárias para que os alunos se apropriem das características dos textos científicos, como por exemplo, o modelo de relatório. Um outro fato que deve ser destacado é que esses tipos de textos foram pensados para a educação em nível superior, se o professor fizer a escolha por utilizá-lo, adaptações são muito importantes, por exemplo, não se deve valorizar demasiadamente a padronização rígida de um relatório de laboratório, já que o objetivo é a educação básica e não a profissionalizante.

f) Para aprender a analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos

No ensino tradicional, é muito raro que seja desenvolvida habilidades como interligar os fenômenos observados com a teoria científica relacionada, assim como elaborar explicações coerentes para os dados obtidos a luz do conhecimento científico. Assim, o ensino utilizando como recurso didático a atividade prático-experimental, pode levar o educando a desenvolver essas habilidades que são tão necessárias para entender os fenômenos que o cerca.

Portanto, as aulas de ciências que envolvam atividades prático-experimentais podem estimular a capacidade de observação nos alunos, além da reflexão e análise que vão levá-los a propor hipóteses para suas observações.

g) Para aprender conceitos científicos

As atividades prático-experimentais podem ser utilizadas como um complemento a aula expositiva, como é o caso das atividades que envolvem a verificação, relembrando os conceitos antes vistos, rememorando os fatos científicos estudados, o que contribui muito para a aprendizagem (ARAÚJO; ABIB, 2003). Essa abordagem não é vista de forma positiva por alguns pesquisadores, mas existem vários outros que defendem a perspectiva de que as atividades práticos-experimentais podem favorecer o aprendizado de conceitos científicos.

Cabe ressaltar que as atividades prático-experimentais podem ser um espaço de novas construções de conhecimento, assim, nem sempre é bom que esta esteja presa as aulas expositivas, já que pode limitar a abordagem e as perspectivas que poderão surgir. No decorrer da própria aula, os conceitos podem ser introduzidos como resposta a muitos problemas que surgem no percurso do desenvolvimento da atividade, outros questionamentos também levam a uma mudança de foco em relação aos conceitos científicos que haviam sido inicialmente planejados.

h) Para detectar e corrigir erros conceituais dos alunos

No ensino tradicional, muitas vezes, a avaliação da aprendizagem ocorre só no final do processo, tendo como principal instrumento a aplicação de testes formais. Mesmo que o professor utilize vários métodos, como a correção em aula e/ou retorne ao assunto para que sejam discutidas as dúvidas ou incoerências conceituais apresentadas pelos alunos, ou detectados através da correção da avaliação formal, o ideal é que esses erros sejam corrigidos e discutidos no momento que surgiram ou o quanto antes. Durante as aulas prático-experimentais o professor tem a oportunidade de constantemente solicitar aos alunos explicações e, com isso, detectar erros conceituais e concepções alternativas.

Os registros escritos das atividades, seja em relatório ou através de qualquer outro instrumento de coleta de dados, também podem ser importantes nesse processo de ensino aprendizagem, contudo é importante que o registro seja fidedigno para uma análise real. Em aulas prático-experimentais deve-se tomar o cuidado para não supervalorizar os resultados “certos”, pois os alunos podem se sentir pressionados a encontrar um resultado pré-determinado, não abrindo o espaço para formulação de hipóteses e assim, prejudicando um ambiente de aprendizado. Borges (2002) afirma que o desprezo ao resultado da atividade prático-experimental que “não deu certo” faz

com que suas causas não sejam investigadas e, com isso, uma situação potencialmente valiosa de aprendizagem se perde.

Assim, mais importante que se apressar em corrigir os erros, é importante entender melhor porque os alunos erraram, buscando compreender o pensamento do aluno e solicitando que explique o que o levou a propor essa hipótese. Oliveira (2010) afirma que é importante que o aluno esteja em situações de conflito de ideias, dando-lhe novos conhecimentos, para que assim consiga compreender o que o levou a propor uma solução errônea e compreenda o erro. É nesse momento que o professor pode corrigir os conceitos inadequados incorporados pelo educando.

i) Para compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação

Deve-se deixar claro que as atividades prático-experimentais que são realizadas na escola possuem finalidades bem distintas daquelas que são realizadas nas universidades, contudo é possível discutir com os alunos alguns aspectos relacionados à natureza da ciência, evitando que eles tenham algumas visões deformadas do trabalho científico. Recomenda-se que o professor utilize, em um dado momento da atividade, explanações que façam o aluno compreender que o conhecimento não é feito apenas por uma mente humana, que existe um contexto em torno da “descoberta” e que não existe apenas para a resolução de um problema, enfatizando assim que a construção do conhecimento científico é uma atividade humana e coletiva.

Já há muito tempo que a ideia de que as descobertas na ciência resultam de um único processo ou de um conjunto rígido e fechado de etapas, é amplamente questionada. Apesar dos cientistas estabelecerem um protocolo de ações em seus trabalhos, isso não quer dizer que haja um método científico que determine como fazer para produzir conhecimento (BORGES, 2002). Discussões dessa natureza podem ser enfatizadas durante as atividades prático-experimentais, as quais podem proporcionar excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas hipóteses sobre fenômenos particulares, para que planejem suas ações e produzam resultados que sejam de confiança e acessível para todo o público.

Em geral, as atividades prático-experimentais não conseguem valorizar com equidade todas essas contribuições enunciadas acima; afinal existe um vasto número de contribuições, ainda por cima, de natureza bem distinta, que vai depender então da realidade em que o professor dá as suas aulas. Contudo, se parte dos objetivos forem contemplados, pelo menos em algum momento, com atividades prático-experimentais,

haverá uma possibilidade, no nosso entendimento, de que os alunos aprendam não apenas conceitos científico, mas também, procedimentos e atitudes.

Diante disso, a escolha do modo de conduzir uma atividade prático-experimental dependerá dos objetivos que o professor pretende alcançar com a utilização desse recurso didático.

2.4.3 - Os diferentes tipos de abordagens prático-experimentais

As atividades prático-experimentais podem ser organizadas de diferentes maneiras, desde estratégias com instruções que envolvam a manipulação de materiais pelos alunos, até atividades que tem por objetivo a verificação de certas teorias científicas. Todos os tipos de abordagens prático-experimentais podem ser usados, isso vai depender dos objetivos que o professor pretende buscar em seu planejamento para o desenvolvimento das competências pretendidas.

No entanto, para o melhor uso das diferentes abordagens, é importante que o professor conheça as vantagens e desvantagens de cada uma delas, a fim de serem utilizadas em um momento adequado, para alcançarem os melhores resultados através de seu uso.

Tomaremos como base do nosso trabalho a classificação feita por Araújo e Abib (2003), estes classificaram as atividades prático-experimentais em três tipos de abordagens ou modalidades (demonstração, verificação e investigação), que são discutidas a seguir:

a) Atividades prático-experimentais de demonstração

As atividades prático-experimentais de demonstração são aquelas em que o professor exerce o papel central no experimento, ou seja, nesse tipo de abordagem o professor faz o experimento diante da classe e os alunos observam o fenômeno ocorrido. De modo geral, esse tipo de abordagem é utilizado a fim de ilustrar uma explanação feita anteriormente, através de uma aula expositiva. Podem ser inseridos no início de uma aula expositiva para despertar o interesse do aluno para o conteúdo a ser abordado ou pode ser feita após a explicação do conteúdo científico com a finalidade da exemplificação (ARAÚJO, ABIB, 2003).

Não se deve descartar essa abordagem pois em um momento econômico em que as escolas estão cada vez mais sem recursos, ela se torna muito importante pois é necessário o mínimo de materiais para ser realizada. Ela também é importante quando o professor não tem muito tempo para realizar os experimentos, já que o trabalho em grupo exige mais tempo para a sua execução.

Nessa abordagem o professor desempenha o papel central na execução do experimento, sendo responsável pela montagem dos aparatos necessários e pela realização da atividade prático-experimental. O aluno está em uma posição menos favorecida nesse tipo de abordagem, pois a dinâmica dela o faz adquirir um papel mais passivo, por outro lado, esse tipo de abordagem favorece a ligação entre o professor e o aluno e a partir dessa interação, cria-se um ambiente muito propício para a aprendizagem (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Oliveira (2010) traça alguns pontos que podem ressignificar e melhorar o aproveitamento das atividades prático experimentais demonstrativas, dentre as quais, destaca-se:

- Antes da realização do experimento, propiciar um ambiente que os alunos façam hipóteses, tentando prever os resultados que podem ser encontrados após a realização do experimento.
- Solicitar que os alunos façam registros do que foi observado, destacando os pontos mais importantes na visão deles após uma observação cuidadosa.
- Ao final da atividade prático-experimental solicitar aos alunos que deem novas explicações do que foi visto para que estes elaborem seus próprios resultados. É interessante colocar o aluno no conflito de suas ideias prévias e do momento pós experimento.
- Elaborar questionários para que eles possam discutir em grupos a fim de ter as suas ideias confrontadas, motivando assim o respeito a diversas opiniões.

Por mais que as atividades prático-experimentais demonstrativas mais tradicionais, sejam demasiadamente fechadas em um determinado assunto, na maioria dos casos não favorecendo a postura ativa e envolvimento do aluno, é importante que o professor ao adotá-las, tenha a sensibilidade de propiciar aos alunos momentos que façam reflexões e elaborem hipóteses do fenômeno observado, possibilitando assim uma discussão crítica da atividade.

b) Atividades prático-experimentais de verificação

Essa abordagem prático-experimental, como o próprio nome sugere, tem por finalidade a verificação de uma lei ou teoria científica. Os resultados para esses experimentos já são previsíveis pois já estão altamente difundidos e as explicações geralmente já são conhecidas pelos alunos. Por outro lado, esse tipo de atividade proporciona aos alunos a capacidade de interpretar fenômenos observados e assim articular com os conhecimentos científicos que conhecem, além de efetuar generalizações quando os resultados dos experimentos são levados para novas situações. (ARAÚJO, ABIB, 2003)

Os professores que defendem essa modalidade justificam a sua escolha pelo fato de propiciar aos alunos um momento fora do livro-texto e assim tornar o ensino de ciências mais prático. Por se tratar de uma atividade em que é necessária a abordagem prévia do conteúdo, ela deve sempre ser realizada após a aula expositiva.

Oliveira (2010) propõe algumas estratégias para tornar essa prática pedagógica mais eficiente:

- Solicitar o relato dos alunos e suas respectivas explicações científicas. Com essa abordagem o professor poderá perceber como o aluno conecta a teoria e a prática.
- Sugerir pequenas variações no experimento e solicitar uma explicação prévia do que ocorreria diante da modificação ocorrida.
- Testar, se for possível, tais variações e verificar se as hipóteses formuladas são coerentes ou não. Ao identificar as variáveis, o processo cognitivo abordado é muito maior na verificação dessas hipóteses.
- Comparar os dados obtidos e verificar as divergências para que assim ocorra a discussão entre os alunos.

Novas abordagens de atividades prático-experimentais sempre surgem, mas os experimentos de verificação ainda estão muito presentes no cotidiano escolar. Os professores percebem nessa atividade grandes vantagens, como: os estudantes podem aprender técnicas e a manusear equipamentos; aprendem a seguir direções; requer pouco tempo para preparar e executar; mais fácil de supervisionar e avaliar o resultado final obtido pelos alunos; mais fácil de solucionar problemas que possam surgir durante a execução do experimento; maior probabilidade de acerto, etc. Além disso, as atividades prático-experimentais são muito importantes para os alunos que ainda não estão habituados a esse tipo de recurso didático. (OLIVEIRA, 2010)

c) Atividades prático-experimentais de investigação

Dentre as abordagens das atividades prático-experimentais podemos destacar a do tipo investigativo como sendo uma das mais estudadas e citadas nos trabalhos mais recentes de experimentação. Esse tipo de modalidade representa a tentativa de colocar o aluno em um papel mais central na construção do conhecimento, ele se contrapõe a postura passiva das atividades de demonstração e o coloca no papel de protagonista no processo de ensino/aprendizagem (SUART; MARCONDES, 2008a).

Para uma mudança de atitude do aluno, é necessário que a atividade prático-experimental investigativa comece a partir de um problema que seja do interesse do aluno, que desperte o interesse de resolver através de uma experimentação, proporcionando, assim a tomada de decisão tão necessária ao processo de formação do cidadão (GIL-PÉREZ *et.al.,* 2005). Os métodos investigativos têm se mostrado um bom recurso didático para desenvolver as habilidades de observação, formulação, teste e discussão nos educandos.

Uma das principais características das atividades investigativas é que essas são mais abertas, muitas vezes inutilizando os roteiros fechados que estão tão presentes nas aulas experimentais tradicionais. Cabe destacar que o fator tempo tem que ser considerado nesse tipo de atividade, já que o método investigativo exige uma quantidade de tempo maior para a análise do problema, levantamento de hipóteses, preparo e execução dos procedimentos, análise e discussão dos resultados. Assim, atividade de investigação pode ser realizada em uma aula ou, em mais de uma aula, por isso que o planejamento é muito importante nesse tipo de abordagem. (OLIVEIRA, 2010)

Segundo essa mesma autora, as abordagens tradicionais dependem diretamente do conteúdo, podendo ser ensinado antes ou depois da atividade prático-experimental, já as atividades investigativas se destacam por possuírem uma independência do conteúdo ensinado em sala de aula. Nesse tipo de abordagem, o conteúdo é valorizado, mas no decorrer do percurso, podendo ser usado no contexto da própria atividade. O trabalho com os resultados, deve ser desenvolvido com muito cuidado pelo professor, já que nesse tipo de atividade estes não são previsíveis e não devem ser dados de forma imediata pelo professor.

O papel do professor nessa abordagem também difere das tradicionais, enquanto nas abordagens anteriores o professor ocupa um papel central no desenvolvimento da atividade, nesta o professor é o mediador de todo o processo, não que seja um papel menor ou menos importante já que é responsabilidade do professor “auxiliar os alunos na busca das explicações causais, negociar estratégias para busca

das soluções para o problema, questionar as ideias dos alunos, incentivar a criatividade epistêmica em todas as etapas da atividade" (BORGES, 2002a).

Com base nas considerações que diferenciam as abordagens prático-experimentais, Oliveira (2010) elaborou um resumo das principais características das atividades, descritas no Quadro 2.4.3.

Quadro 2.4.3. Principais características das atividades experimentais de demonstração, de verificação

	DEMONSTRAÇÃO	**VERIFICAÇÃO**	**INVESTIGAÇÃO**
Papel do Professor	Executar o experimento; fornece as explicações para os fenômenos	Fiscalizar a atividade dos alunos; diagnosticar e corrigir erros	Orientar as atividades; incentivar e questionar as decisões dos alunos
Papel do aluno	Observar o experimento; em alguns casos, sugerir explicações	Executar o experimento; explicar os fenômenos observados	Pesquisar, planejar e executar a atividade; discutir explicações
Roteiro	Fechado, estruturado e de posse exclusiva do professor	Fechado e estruturado	Ausente ou, quando presente, aberto ou não estruturado
Posição ocupada na aula	Central, para ilustração; ou após a abordagem expositiva	Após a abordagem do conteúdo em aula expositiva	A atividade pode ser a própria aula ou pode ocorrer previamente à abordagem do conteúdo
Algumas vantagens	Demandam pouco tempo; podem ser integradas à aula expositiva; úteis quando não há recursos materiais ou espaço físico suficiente para todos os alunos realizarem a prática	Os alunos têm mais facilidade na elaboração de explicações para os fenômenos; é possível verificar através das explicações dos alunos se os conceitos abordados foram bem compreendidos	Os alunos ocupam uma posição mais ativa; há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente relevantes; o "erro" é mais aceito e contribui para o aprendizado
Algumas desvantagens	A simples observação do experimento pode	Pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem	Requer maior tempo para sua realização. Exige

	ser um fator de desmotivação; é mais difícil para manter a atenção dos alunos; não há garantia de que todos estarão envolvidos	de conceitos; o fato dos resultados serem relativamente previsíveis não estimula a curiosidade dos alunos	um pouco de experiência dos alunos na prática de atividades experimentais

Fonte: Oliveira, (2010).

Este trabalho concorda com alguns pesquisadores quando afirma que as aulas prático-experimentais na educação básica devem partir de uma abordagem mais tradicional, por ser mais simples e fechada (como nas atividades de demonstração e verificação), na qual os alunos possam entrar em contato com experimentos simples e fáceis com procedimento pré-definido e à medida que eles fossem se acostumando com esse recurso didático, os roteiros podem ir se tornando mais abertos (ARRUDA; LABURÚ, 1998), como por exemplo, as atividades de investigação. Discutiremos em outra subseção de forma mais aprofundada e separada as atividades prático-experimentais de investigação para que assim sejam levados em consideração todos os aspectos que a envolvem.

Portanto, as atividades prático-experimentais podem ser empregadas com diversos propósitos dentro do ensino de ciências. Nessa perspectiva é necessário que o professor compreenda a diversidade das abordagens e analise as possibilidades de cada uma delas para que possa focalizar a sua prática pedagógica naquelas atividades que lhe pareçam mais coerentes com o tipo de atividade prático-experimental, a turma, os recursos disponíveis, o espaço e o tempo disponível para a utilização da atividade, e ainda os saberes e as competências que pretende desenvolver.

2.4.4 - As atividades prático-experimentais investigativas: buscando maiores possibilidades no ensino de química

Como já mencionado, as atividades prático-experimentais constituem um recurso presente nas aulas de grande parte dos professores de química. Por outro lado, ainda se perpetuam nas escolas as atividades de cunho tradicional (demonstrativa e verificação), sem nenhuma mudança em suas propostas, seja por falta de recursos ou falta de conhecimento de atividades prático-experimentais mais abertas. Cabe ressaltar que neste trabalho é reconhecido que todas as abordagens prático-experimentais são válidas em algum momento de aprendizagem em química, a maior ênfase no método

por investigação é feita pela abordagem aberta e participativa, com o aluno a que este trabalho propõe.

Pode-se afirmar que a atividade prático-experimental se diferencia das outras pelo fato de que:

> (...)a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004, p. 21).

A atividade prático-experimental investigativa pode auxiliar na construção de vários conceitos da química pelos educandos, uma vez que, Ferreira, Hartwig e Oliveira (2010) afirmam que nesse tipo de atividade os estudantes utilizam o conteúdo conceitual e procedimental em busca da resolução de uma situação-problema propostas pelo professor.

Por isso, o planejamento de uma atividade prático-experimental não é algo simples, e exige do professor um plano de ação muito mais complexo do que quando essas atividades são feitas apenas com o objetivo de ilustrar ou conhecer fatos que já foram abordados anteriormente na aula expositiva.

Um dos principais objetivos pedagógicos desse tipo de abordagem é que o conteúdo não tem mais a prioridade, o professor deve levar em consideração os procedimentos e atitudes que os alunos terão que desenvolver ao realizar essa atividade. Um outro aspecto que deve ser levado em consideração é o problema que a atividade buscará propor, este tem que ser feito com muito cuidado e deverá estar conectado com a realidade do aluno, já que é ele que será introduzido inicialmente e despertará o interesse dos educandos.

Um dos maiores desafios dessa atividade é saber planejar questões que auxiliem os alunos a tratar os dados (estabelecer relações, testar uma hipótese, elaborar conclusão, julgar a plausibilidade da conclusão etc.) isto é uma promoção de um desenvolvimento cognitivo de alta ordem. (BORGES,2002a)

Munford e Lima (2007) afirmam que o professor que escolhe esse tipo de abordagem prático-experimental acaba cometendo equívocos sobre o ensino de ciências por investigação. Os principais equívocos listados pelos autores remetem ao fato de que muitos ainda têm a concepção de que para se realizar o ensino por investigação, é necessário um grande aparato de laboratório para que sejam realizadas

reações químicas que levem o aluno ao fascínio, fazendo com que muitas vezes a segurança necessária para a atividade planejada faça do aluno um mero espectador. Cabe salientar que uma atividade com caráter investigativo não necessita disso. Kasseboehmer (2011) aplicou atividades com viés investigativo durante todo um ano letivo a uma turma de química durante as chamadas aulas teóricas da disciplina.

Um outro equívoco apontado por Munford e Lima (2007) é que as atividades denominadas investigativas só o são se forem muito abertas, em que o aluno tem que produzir e ter a autonomia de fazer todo o processo (problema, hipótese, procedimentos, resultados e conclusão). Existem várias formas de se trabalhar atividades prático-experimental investigativa, desde as mais abertas até outras que o professor possui um papel de maior direcionamento durante o processo. A maior ação docente é necessária principalmente quando a turma for inexperiente em atividades prático-experimentais e não está acostumada com esse tipo de ensino, ou quando o tempo é escasso.

Nesse ponto é importante destacar que é um grande equívoco acreditar que os alunos por si só são capazes de construírem conceitos que demoraram anos para serem descobertos. Aliás um dos grandes equívocos de determinadas tendências pedagógicas é desconsiderar a ação do professor no processo de ensino (GASPAR, 2014).

O último equívoco apontado por Munford e Lima (2007) é que é necessário ensinar todo o conteúdo a partir de uma atividade investigativa. Existem conteúdos que irão se alinhar mais com outras abordagens prático-experimentais. A abordagem por investigação é mais uma estratégia, esta não invalida os outros tipos de abordagens, que como já foi dito, podem ser muito necessárias ao professor em certos momentos e para alguns conteúdos.

Diante do que foi exposto, Spronken-Smith *et.al.* (2007) elenca as principais características de atividades prático-experimentais de natureza investigativa, são elas:

- Aprendizagem orientada por questões ou problemas;
- Aprendizagem baseada em um processo de busca de conhecimentos e construção de novos entendimentos;
- Ensino centrado na aprendizagem, professor tem papel de facilitador;
- Alunos assumem gradativamente a responsabilidade por sua aprendizagem;
- Desenvolvimento de habilidades de auto-reflexão;
- Processo ativo de aprendizagem.

Silva (2011) também coloca algumas características de uma atividade prático-experimental investigativa, do ponto de vista de como deve-se iniciar uma abordagem investigativa:

- Objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais;
- Situação problema, cujas atividades experimentais propostas ajudam a responder;
- Conhecimentos e concepções que os alunos apresentam sobre o tema;
- Atividades pré-laboratório: informações a serem apresentadas e hipóteses solicitadas aos alunos;
- Atividade experimental, por demonstração ou para a realização pelos alunos; dados a serem coletados, maneira de organizá-los;
- Atividades pós-laboratório: questões formuladas aos alunos para análise dos dados, conclusão e aplicação do conhecimento; sistematização dos resultados e conclusões; aplicação a novas situações.

Em uma abordagem por investigação, é necessário que o aluno esteja participando em todas as etapas, contudo, isso nem sempre é possível devido as diferentes realidades e a falta de costume em realizar atividades mais abertas que encontramos nas escolas. Assim, consideramos que a atividade prático-experimental por investigação é altamente complexa e deve ser buscada como uma “meta” de atividade prático-experimental.

Esse trabalho utilizará a proposta de Pella (1961), indo ao encontro aos trabalhos do GEPEQ (2009), este tipo de atividade considera as seguintes etapas de uma atividade prático-experimental investigativa: elaboração de um problema, elaboração de hipóteses, proposição de procedimentos, coleta dos dados e elaboração das conclusões. O nível de abertura de uma atividade com o viés investigativo dependerá de como o professor se envolverá no processo e o quanto o aluno poderá interagir pois quanto maior é a solicitação feita ao aluno, maior é o nível de abertura no sentido de resolver o problema.

Quadro 2.4.4.Níveis de abertura das atividades experimentais

Etapas	**Tradicional**	**Atividade investigativa (nível 1)**	**Atividade investigativa (nível 2)**	**Atividade investigativa (nível 3)**
Elaboração do problema	Não há	Professor	Professor	Aluno

Elaboração das hipóteses	Não há	Não há ou professor	Aluno	Aluno
Proposição de procedimentos	Professor	Professor	Aluno	Aluno
Coleta de dados	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno
Análise de dados	Professor	Aluno	Aluno	Aluno
Elaboração da conclusão	Aluno/Professor	Aluno	Aluno	Aluno

Fonte: Pella, 1961

Na análise do quadro 2.4.4, podemos perceber que no nível 1, o professor propõe a situação problema e também elabora as hipóteses, o aluno coleta e analisa os dados e é dele que vem a conclusão da atividade. Já no nível 2, o professor só introduz o experimento através de uma situação problema, todas as outras etapas da atividade prático-experimental (hipóteses, procedimentos, dados e conclusão) são feitas pelo aluno. O nível 3 é de total responsabilidade do aluno, todas as etapas são pensadas por eles, sem uma interferência concreta do professor, cabe ressaltar que esses níveis são para serem feitos de modo gradativo, e esse último tem que ser utilizado quando a turma está mais acostumada e já passou pelos níveis menos exigentes.

Qualquer que seja a escolha do docente em relação aos níveis de abertura a ser trabalhados, cabe ressaltar que o problema a ser investigado é essencial para a eficiência da atividade, este precisa ser elaborado de forma que os alunos sintam interesse pela investigação, ou seja, deve ser relacionado à realidade do aluno, ao contexto em que está inserida a escola, ou aos conceitos estudados em sala de aula.

Como esse tipo de atividade prático-experimental envolve um problema a ser resolvido, é de suma importância que se planeje também atividades pré e pós-laboratório. É importante, um momento inicial de introdução a situação problematizadora, que seja feito um espaço para a discussão das ideias principais e dar oportunidades para que os alunos pensem sobre o problema e proponham suas hipóteses. A aula pós-laboratório pode ajudar os estudantes a pensar sobre os dados obtidos, como os analisar e como conectar esses dados com os conceitos estudados.

Qualquer que seja a escolha da abordagem da atividade prático-experimental, devemos considerar como fator primordial o seu planejamento, assim fica um pouco mais fácil de visualizar as possibilidades de explorações conceituais e de

desenvolvimento de habilidades cognitivas mais complexas do que a simples observação, comprovação ou execução mecânica de cálculos. Não é tarefa fácil transformar um experimento muito conhecido e tão usado em nossa formação inicial, em um investigativo, mas quando se prefere essa segunda abordagem, este pode promover competências mais complexas. Vale a pena esse esforço para que o aluno seja mais contemplado dentro de sua complexidade e assim aprenda de forma eficiente os diversos saberes que são tão necessários para o seu cotidiano

2.4.5 - Explorando o erro em uma atividade prático-experimental

Inicialmente definiremos o erro como uma característica do ser humano que pode ser definido como a distorção, inadequação ou improcedência que ocorre ao longo de um processo (TORRES, 2007). Desse modo, estamos sempre sujeitos a algum equívoco, ou seja, estamos sempre sujeitos a errar. Segundo Torres (2007), o erro pode ser de pensamento ou ação. No erro de ação, o autor afirma que este pode ter uma conotação positiva ou negativa. A negativa é destrutiva e consiste numa falha irreversível, como quando ocorre um acidente de trânsito, ou erros médicos que acabam levando o paciente a óbito. Já a conotação positiva é quando possui um caráter construtivo e está relacionado diretamente com o processo de ensino e aprendizagem.

A escola pensava o erro como um fracasso e era necessário que as estratégias didáticas tivessem como meta fundamental evitar que o aluno cometesse erros. A execução sem fim de exercícios repetitivos e mecânicos visava que os alunos não cometessem erros e a chamada decoreba era a principal ferramenta para garantir o “sucesso” da aprendizagem. Segundo Gibin e Souza Filho (2017), atualmente o erro passou a ser um entendido como um processo construtivo de aprendizagem. Nesse sentido, não se pretende limpar o caminho das dificuldades eliminando os erros, e nem estimulá-los, uma vez que o erro é algo normal dentro da aprendizagem, o objetivo do ensino passa a ser de superar obstáculos, já que é considerado por Torres (2007) como uma alavanca para a aprendizagem, na medida que este supera e transpõe o obstáculo das dificuldades de aprendizagem.

Bachelard (1996) considera que o erro é uma normalidade para a construção da ciência. Em sua obra categoriza o erro como positivo, normal e útil para a construção do conhecimento científico. Na Ciência, não possui uma conotação negativa e pode ser útil para a resolução de um problema de pesquisa e até mesmo redirecionar para novas descobertas. Agora, traçando um paralelo entre ciência e ensino de ciências, podemos perceber que em muitas aulas experimentais de química, o erro descrito em um relatório

ou em um resultado de uma prática tem caráter punitivo gerando perda de nota. Na abordagem investigativa, o erro torna-se parte do processo e acarreta aprendizado e inverte muitas prioridades que estão colocadas no sistema educacional.

Em sua obra, o autor tece críticas aos professores de ciências que creem que uma aula de qualidade é caracterizada por repetição ou demonstração de forma minuciosa. Eles "não veem que os alunos entram em uma sala de aula com conhecimentos empíricos já construídos e sedimentados pela vida cotidiana" (BACHELARD, 1996, p. 3). Desse modo, não se trata de adquirir conhecimento, mas sim, de mudar uma cultura experimental derrubando obstáculos que a primeira vista parece ser intransponível.

Diante da perspectiva exposta, Borges (2002b) propõem que o erro muitas vezes cometido pelo aluno nas atividades prático-experimentais, deveriam ter mais atenção dos professores. Isso não ocorre, principalmente, pelas seguintes razões:

- As atividades experimentais são muito simples e muitas vezes são facilmente previsíveis;
- Os alunos espontaneamente "maquiam" alguns resultados, quando ocorrem um distanciamento do que é esperado. Assim o professor não descobre a ocorrência dos erros;
- Os professores de um modo geral desconhecem que o erro é uma etapa importante no processo de aprendizagem;
- Por fim, os professores apresentam dificuldades para explicar a origem do erro e resolvê-lo.

As atividades prático-experimentais investigativas são mais abertas para a perspectiva do erro, é nesse sentido que uma das principais características é fornecer problemas ao aluno que muitas vezes tenham mais de uma solução e vários caminhos a seguir. Já as abordagens tradicionais (verificação e demonstração) tem o caráter mais fechado, não permitindo que o aluno tenha uma definição de como elaborar hipóteses.

Borges (2002b) observa que geralmente em abordagens tradicionais o erro é passível de punição na nota pelo professor. Isso, gera como consequência, a adaptação dos estudantes a essa regra adulterando os resultados encontrados para que seus resultados correspondam às previsões feitas pela literatura e/ou professor. Sobre o erro no laboratório, Borges (2002b, p. 299) aponta que:

> o estudante logo percebe que sua "experiência" deve produzir o resultado previsto pela teoria, ou que alguma regularidade deve ser

> encontrada. Quando ele não obtém a resposta esperada, fica desconcertado com seu erro, mas, se percebe que o “erro” pode afetar suas notas, ele intencionalmente “corrige” suas observações e dados para obter a “resposta correta”, e as atividades experimentais passam a ter um caráter de um jogo viciado. Infelizmente este é daquele tipo de jogo que se aprende a jogar muito rapidamente.

Por isso, é importante que o erro seja utilizado como ferramenta pedagógica extremamente relevante para o ensino de conceitos, como defende Borges (2002v). É importante que seja eliminada a cultura punitiva para proporcionar aos alunos uma aprendizagem mais rica e efetiva dos conceitos que se pretende ensinar.

O trabalho desenvolvido por Souza Filho (2009) se fundamenta na epistemologia bachelardiana considerando o processo de ensino e aprendizagem como um processo que seja dialético entre o erro e a verdade, entre a experiência e a razão. Assim, o aluno ao se defrontar com as possibilidades passa por um processo de ajuste entre duas instâncias que conduz em direção a uma verdade que, não pode ser alcançada, mas se caracteriza como um estágio de maior nível do que o anterior, pois Bachelard (1996, p.251) afirma que “não há verdade sem erro retificado”.

Com relação ao foco desse trabalho, podemos dizer que em uma abordagem prático-experimental investigativa, o importante não é o resultado final, é o processo que o aluno passou até chegar nesse resultado, se no fim da atividade, ocorrer algum erro, é importante afirmar que este constitui uma etapa importante na reorganização do saber, é nesse enfoque que a participação do professor é determinante pois é ele que é capaz de reorganizar e compreender toda essa etapa de aprendizagem que o aluno está passando.

3 - METODOLOGIA

O percurso metodológico que será assumido nesta pesquisa se baseia na pesquisa participante. Serão reconhecidas suas fragilidades e princípios epistemológicos que os recursos utilizados apresentam, cabe reconhecer que nenhuma metodologia abraçaria todas as nuances de uma pesquisa.

A presente pesquisa divide-se, então, em quatro momentos distintos, conforme se seguem:

1. Mapeamento do perfil dos participantes da pesquisa e o contexto escolar em que esses estão inseridos;
2. Construção de uma sequência didática que incluiu as aulas, elaboração de um roteiro aberto de um experimento e construção de textos didáticos;
3. Aplicação e avaliação da sequência didática; e,
4. Análise final dos dados coletados na aplicação do produto.

3.1 - DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA DE PESQUISA

Essa pesquisa foi participante para que o conhecimento fosse construído de forma coletiva e não, transmitido, pois de acordo com a pesquisa participante “a importância do conhecimento está em ser não só teórico, mas, sobretudo prático” (DEMO, 2009, p. 17).

Foi necessária a participação ativa de todos os atores: pesquisador e sujeitos da situação investigada (alunos); sendo que estes deveriam exercer um papel de protagonismo de forma mais enfática e o professor/pesquisador deveria exercer o papel de mediação nos encontros.

Foi realizado um acompanhamento de, aproximadamente, um mês a uma turma de alunos com ações pensadas e planejadas, incentivando a participação ativa em prol das ações e discussões de questões surgidas durante a pesquisa. A pesquisa participante contribuiu para esse estudo, pois vislumbra abrir oportunidades para que os indivíduos construam suas emancipações, usando para isso o conhecimento (LEAL *et. al.,* 2013).

A pesquisa participante discorda que “os grupos observados não têm nenhum poder sobre uma pesquisa que é feita sobre eles e nunca com eles” (DEMO, 2009, p. 56). Para a mesma, deve haver a troca de saberes.

Cabe destacar que essa pesquisa teve cunho qualitativo e foi desenvolvida pelo pesquisador, que também é o professor da turma analisada, com a função de lecionar, coletar e analisar os dados.

3.2 - PESQUISA PARTICIPANTE

Demo afirma que a “grande pretensão da pesquisa participante é contribuir para que as comunidades se tornem sujeitos capazes de história própria, individual e coletiva, para saberem pensar sua condição e intervenção alternativa” (2009, p. 20). Assim, temos que a pesquisa participante terá características relacionadas a produção do conhecimento e participação comunitária.

Para que a pesquisa participante possa ocorrer, é valorizada a pesquisa teórica, metodológica, prática, como também a empírica, que “caracteriza-se pela experimentação da realidade, lançando mão de todas as técnicas de coletas, mensuração e manipulação de dados e fatos” (DEMO, 2009, p. 36).

Uma das fragilidades da pesquisa participante é que o analista pode errar por conta da imaturidade em pesquisa, mas afirma que a realidade social é complexa para ser abordada por apenas uma forma, e não ser possível mensurá-la plenamente, portanto, reconhece a fragilidade de tal metodologia (DEMO, 2009). Leal *et.al.* (2013) lembra outra fragilidade quando se refere ao fato da dificuldade de atingir níveis elevados de participação da comunidade.

Não se deve confundir a pesquisa participante com a pesquisa ação. A pesquisa ação considera essencial desde o início da pesquisa um olhar antropológico da questão social com um envolvimento pessoal com a comunidade investigada. Situação que não foi possível, pois os encontros com o grupo ocorriam semanalmente sendo, portanto, considerado um período curto para afirmar tal entrelaço entre os sujeitos.

A pesquisa participante busca uma intervenção na realidade, mas

> repulsa a manipulação das comunidades, buscando produzir o saber por meio da análise coletiva e mantendo o controle nas mãos. Criar saber popular é objetivo forte da pesquisa participante, pois acredita-se que conhecimento bem feito é fonte de poder e autonomia, colaborando decisivamente no projeto de transformação social (DEMO, 2009, p. 94)

Desse modo, optou-se pela pesquisa participante porque se acredita que o pesquisador deva aparecer um pouco mais que um mero observador externo, se afastando da imagem daquele que está munido de processos para coletar dados, sem dialogar e interagir com os escolares. Além disso, acredita-se que por meio da ação prática possa haver a construção do conhecimento para os alunos, ou que crie caminhos para que ocorra em outros momentos. “A finalidade última da pesquisa é a transformação estrutural fundamental e a melhoria de vida dos envolvidos; os beneficiários são os trabalhadores ou o povo atingido” (DEMO, 2009, p. 93). Todavia não há formas concretas de mensurar esse tipo de pesquisa, nos moldes da ciência mais clássica, para dar garantias que isso de fato ocorreu.

Para Brandão e Streck (2006) no processo de pesquisa participante, o pesquisador que faz a opção por essa pesquisa é partícipe e se compromete em todo processo, em situações diversas, inclusive para a sua própria aprendizagem. Esses mesmos autores continuam afirmando que o pesquisador participa, sem perder o escopo da pesquisa.

Esse tipo de metodologia inicia-se nas Ciências Sociais e se desenvolve durante os anos de 1960 na América Latina (BRANDÃO e STRECK, 2006). “A atenção para a pesquisa participante no Brasil coincidiu com a abertura política” (DEMO, 2009, p. 10). O seu surgimento teve como principal motivação o

> (...) desconforto de alguns pesquisadores profissionais, que acharam o paradigma da pesquisa clássica insuficiente, bem como opressivo. O paradigma clássico põe ênfase na neutralidade axiológica do pesquisador; faz da objetividade a marca do processo de pesquisa; sugere completo controle unilateral pelo pesquisador sobre os processos inteiros de pesquisa; trata a população como objeto, do qual se espera apenas que responda às questões do pesquisador e pretende estudar a população e os fenômenos sociais como o fazem as ciências naturais (...). O ponto importante aqui é que pesquisa participante é uma expressão, pelo menos em parte, contra as limitações do paradigma dominante (DEMO, 2009, p. 52).

Algumas etapas são importantes para organizar a pesquisa, como a necessária ação prática e não apenas a fundamentação teórica, justamente por se denominar ‘participante’: a pesquisa participante não se satisfaz, no entanto, com devolver os resultados da pesquisa para a comunidade, porque perderia sua marca ‘participante’.

Esta exige que ele faça parte do projeto comunitário” (DEMO, 2009, p. 43). As outras etapas que compreendem essa pesquisa são a participação e aceitação, que

devem contribuir para mudar de algum modo as condições dos alunos, isso pode ocorrer pelos seus conhecimentos e pelo fato de terem vivido a experiência. Demo (2009, p.62) defende que “a realidade não se interpreta, mas se descreve, levanta, analisa. O dado empírico é visto como algo que fala por si” (DEMO, 2009, p. 62).

Demo (2009, p. 44) afirma que “recair facilmente no ativismo, dogmatismo, partidarismo” são vulnerabilidades desse tipo de pesquisa. Como se apenas a observação, a prática ou a participação gerasse resultados e conhecimento. A pesquisa participante possui vários tipos de métodos para coletar os resultados, a fim de gerar mais rigor para o trabalho a ser desenvolvido nesse tipo de pesquisa.

Diante do exposto, a escolha da pesquisa participante se deu por acreditar que na escola possa se construir novos conhecimentos de forma coletiva, aberta e dinâmica, abrindo novos caminhos e trajetórias por meio da prática subsidiada pela teoria, pelas constantes contribuições, participações ativas e determinantes dos alunos no percurso da pesquisa, além da aceitação que o pesquisador também apreendeu durante o processo.

3.3 – A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD)

A Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES, 2003; MORAES e GALIAZZI, 2006, 2011), se caracteriza como “(...) uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise de pesquisa qualitativa, que são a análise de conteúdo e análise de discurso (2006, p. 118)”.

Segundo Moraes, a análise textual discursiva

> pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução do corpus, a unitarização, o estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização, e o captar do novo emergente em que nova compreensão é comunicada e validada (2003, p.192).

A ATD e a Análise de Conteúdo se misturam em um amálgama analítico no qual processos recursivos são realizados para a elaboração de categorias, resultando em novas compreensões. Se considerarmos a elaboração de inferências na análise de conteúdo e o processo de unitarização e o captar do novo emergente, compreensões, elas pouco se diferenciam. Por outro lado, aparentemente, há diferenças em relação às concepções de como se produz, visto que na Análise de Conteúdo, há um conhecimento

escondido, intrínseco aos dados que o pesquisador busca desvendar, desvelar, e na ATD, a unitarização e a categorização se constituem como etapas para que novas compreensões possam ser produzidas. Descrevemos, a seguir, algumas características dessa abordagem de análise de resultados escolhida para esse trabalho:

A primeira fase consiste na unitarização ou desmontagem dos textos. Os textos são fragmentados dando origem às unidades de análise ou de significado. As produções escritas feitas pelos alunos nos dois primeiros momentos dessa sequência didática compõem o *corpus* dessa pesquisa, é a partir dessa análise que foram construídas as unidades empíricas. Dos artigos e livros contendo os referenciais teóricos que embasam essa pesquisa, são obtidas as unidades teóricas.

Na segunda fase, ocorre a relação entre as unidades empíricas e as unidades teóricas, sendo agrupadas em categorias, que são definidas, com as categorias sendo deduzidas das teorias que embasam a pesquisa, e/ou emergentes, são obtidas a partir da leitura e análise do *corpus*.

Por fim, são produzidos “textos descritivos e interpretativos a partir das unidades de significado e das categorias” (Moraes e Galiazzi, 2011, p. 40). Através destes textos ou metatextos, busca-se ampliar a compreensão dos fenômenos estudados, relacionando os dados empíricos e suas teorias.

3.4 - O AMBIENTE DA PESQUISA

O ambiente escolhido para a realização do estudo foi a Escola Municipal Dr. João Paulo Pio de Abreu, unidade pública escolar da Secretaria Municipal de Educação de Volta Redonda, Rio de Janeiro. Esta unidade de ensino específica oferece a segunda fase do ensino fundamental, localizado no bairro Retiro, o maior bairro da cidade, existe um forte comércio no bairro e a escola recebe alunos do próprio bairro e de vizinhos como o Açude, Belmonte, Belo Horizonte, Niterói, São João Batista, Santa Rita de Cássia, Vila Brasília, Vila Mury e Voldac. Por receber alunos de diferentes bairros, a escola possui alunos com diferentes níveis socioeconômicos.

A escola possuía quinze turmas do segundo segmento do ensino fundamental (6º ao 9º ano), em 2018, ano de realização da pesquisa. Funciona em dois turnos, iniciando suas atividades às 06 horas e 50 minutos e findando às 17 horas e 30 minutos. No período matutino foram ofertadas cinco turmas de 7º ano e três turmas de 9º ano. No turno da tarde foram ofertadas quatro turmas de 6º ano e outras quatro turmas de 8º

ano. A escola conta com dois diretores e uma dirigente de turno, para contemplar cerca de 500 alunos frequentes no ano de 2018,

Os sujeitos da pesquisa foram 37 alunos do nono ano do ensino fundamental, com idades de 13 a 14 anos aproximadamente. A escolha desse ano de escolaridade se deve ao fato de a disciplina denominada ciências ganhar a nomenclatura de física e química, e por ser o ano de escolaridade de maior experiência do pesquisador. Esse trabalho está pautado no ensino de química e na lei da conservação das massas, que é um princípio norteador da disciplina. Assim consideramos fundamental que desde o início o aluno tenha contato com a disciplinarização da química, essa não seja distorcida, o que pode acabar afastando-o do aprendizado de importantes conceitos para o seu cotidiano. De modo a garantir o anonimato dos participantes os alunos foram identificados ao longo do texto por A1 à A37. A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa (CONEP) e aprovada sob o registro de número 2.830.723.

Essa escola tem se destacado na rede municipal por um recente crescimento no índice de desenvolvimento da educação básica, buscando melhorar cada vez mais, tem como prática participar de projetos que possam auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos alunos, pois vê neles um meio para consolidar a formação dos alunos, no sentido de ampliar e enriquecer sua vivência além do currículo, por meio de novas experiências, em uma tentativa de criar perspectivas para a formação de uma cidadania ativa.

A Secretaria Municipal de Educação de Volta Redonda apresenta um corpo docente composto por cerca de 50 professores da área de Ciências Naturais, desses, cinco são da unidade de ensino em que a pesquisa foi realizada. No ano de 2018 não houve carência de professores de Ciências Naturais na Escola Municipal Dr João Paulo Pio de Abreu.

3.5 – COLETANDO DADOS PARA UM MELHOR DELINEAMENTO DO PRODUTO

Com o objetivo de conhecer melhor os alunos no que tange à compreensão sobre o tema a ser trabalhado, bem como para delinear algumas dificuldades, decidiu-se coletar dados através de atividades desenvolvidas exclusivamente para este trabalho.

O caráter qualitativo desta pesquisa consistiu na análise de respostas em dois momentos propostos durante a atividade, versando sobre as problemáticas apresentadas sobre o trabalho do cientista através da análise de uma imagem histórica

e a superação de uma teoria por outra, analisando as dificuldades enfrentadas quando analisado o contexto. As questões propostas dessas atividades foram abertas (VIEIRA, 2009).

Antes da atividade prático-experimental, comportamento dos alunos foi observado no período de um mês, durante algumas atividades experimentais desenvolvida por outra professora da escola. Durante esse tempo, foram realizadas anotações em um diário de bordo, que versavam sobre o comportamento dos alunos na aula, dos questionamentos que faziam a professora regente e das respostas que deram as atividades propostas especificamente para o recolhimento dos dados da pesquisa (FRANCO, 2008).

Numa proposta pedagógica, tanto a imagem da Química apresentada quanto os recursos utilizados para a apresentação da lei em que nos propomos a estudar, são relevantes. Assim, após o delineamento dos conteúdos, organizou-se a sequência didática, inserindo alguns recursos didáticos a fim de possibilitar a alternância das atividades. Dessa forma evitaríamos a monotonia da rotina da sala de aula e, também, estimularíamos a reflexão quanto a construção do conhecimento científico. Portanto a construção desse material deu-se de acordo com as seguintes etapas:

- Levantamento em conversas informais, das atividades que os alunos gostariam que fossem feitas nas aulas de Química. O objetivo dessa etapa foi buscar algo para tornar o ensino mais dinâmico, além de possibilitar a construção de um material educacional colaborativo com os alunos envolvidos.
- Organização da sequência didática, o que envolveu a construção de um cronograma constituído de uma lista de objetivos, com o respectivo número de aulas a serem ministradas.
- Elaboração do material didático do tema em questão, o que envolveu a construção de textos didáticos, trecho de um filme, um vídeo experimental e um roteiro aberto de uma atividade prático-experimental investigativa.

3.6 – PROCEDIMENTOS SEGUIDOS PARA COLETAR DADOS DURANTE A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesse momento iremos descrever a metodologia adotada em sala de aula durante a aplicação dessa sequência didática. Na análise desses dados buscamos perceber a reação dos alunos diante do ensino do tema da lei da conservação das massas sob esse enfoque diferenciado, em que a construção do conhecimento científico é apresentada como sendo feito de forma coletiva, sendo contextualizado e problematizado. Fora isso, analisou-se as estratégias didáticas com relação a sua eficácia para atingir o objetivo principal, que é o aluno realizar os experimentos sob uma nova perspectiva histórica do cientista. Assim, os dados obtidos apontam para a análise qualitativa.

Quanto a metodologia qualitativa de análise nas pesquisas educacionais, esta "traz consigo uma carga de valores, interesses e princípios pessoais que orientam o trabalho do pesquisador" (FORATO, 2009, p.76). Segundo esse mesmo autor, as principais características da pesquisa qualitativa são: adotar o ambiente em que o trabalho se desenvolve como fonte de dados e promover um contato mais direto do pesquisador; utilizar uma grande diversidade de dados descritivos; focalizar mais o processo em que as relações são desenvolvidas do que o produto final gerado; buscar elevar os participantes da pesquisa a nível de sujeitos da pesquisa e buscar compreender os seus pontos de vista; analisar e tirar conclusões a partir de dados.

Diversos autores citam a importância da análise dos dados em uma pesquisa (CARVALHO, 2010; FORATO, 2009). Conforme Carvalho (2010, p.6), "(...) temos de ter o cuidado de triangular os dados, o que significa procurar três fontes de dados que possam oferecer visões do mesmo fenômeno". Tendo em vista esse pressuposto, coletou-se informações na aplicação dessa sequência didática de três formas:

- Registro escrito do diário de bordo feito pelo professor;
- Observação participante de todo o processo de realização da atividade;
- Análise do material escrito construído pelos alunos durante toda a atividade desenvolvida.

3.7 - CONHECENDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A partir da análise do referencial teórico foi possível identificar algumas vertentes que essa sequência didática utilizou em seu desenvolvimento. Esse trabalho leva em consideração que a pesquisa de Lavoisier é muito importante para o desenvolvimento da Química, e é de suma importância a sua abordagem em sala de aula. Essa abordagem levará em consideração a problemática levantada por Gil-Pérez *et.al.* (2001), estes afirmam que muitas vezes o trabalho do cientista é levado de forma ahistórica e aproblemática e isso dificulta o aprendizado e os afasta do conhecimento

químico. Desse modo, essa sequência didática levou em conta toda a construção histórica e os “atores” envolvidos no contexto da época.

Em um outro aspecto, a sequência didática apresenta a experimentação no ensino de Química. Esse recurso é muito utilizado pelos professores dessa área de conhecimento (SOUZA *et.al.,* 2013). Ainda hoje, persiste na prática pedagógica da maioria dos professores o uso de atividades prático-experimentais para comprovar leis que já estão postas, como se isso fosse possível (PEREIRA e MOREIRA, 2017). Diante disso, propõe-se o ensino da lei da conservação das massas através de atividades prático-experimentais com o viés investigativo, tendo em vista que esse viés é mais aberto e exercita a crítica e a atenção do aluno. Este assume uma postura mais ativa e protagonista do seu processo de ensino aprendizagem (BORGES, 2002 e GIBIN e SOUZA FILHO, 2017).

O objetivo desse material apresentado é auxiliar o professor a trabalhar o tema da lei da conservação das massas de maneira prática, crítica, investigativa, histórica com clareza e segurança. Dessa maneira, essa sequência didática busca servir como um recurso para auxiliar o professor na construção de saberes sobre um dos principais pilares da Química junto aos seus alunos, contribuindo para que possam identificar aspectos individuais e sociais na construção do conhecimento científico. O desejo é colaborar para que os estudantes mudem seu comportamento e a forma como veem a ciência, modificando uma visão do trabalho científico que seja neutra, salvacionista, individualista e elitista para uma que seja mais ampla, abordando os aspectos sociais, culturais e a coletividade envolvida no desenvolvimento de uma lei Química.

O produto educacional, encontrado no apêndice B (p. 119) dessa pesquisa é intitulado “LAVOISIER NA SALA DE AULA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO O CIENTISTA E A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA” foi construído a partir da leitura de diversos artigos sobre o bicentenário da morte de Lavoisier e dois livros: Lavoisier no Ano Um (BELL,2007) e Lavoisier e o estabelecimento da Química Moderna (FILGUEIRAS, 2015). Pretende-se que esse produto educacional se torne um livro e a capa foi desenhada por um aluno que esteve envolvido no processo de aplicação.

O material constitui-se em uma sequência didática, em seu primeiro momento aborda os aspectos sociais e históricos envolvidos no dia a dia do cientista Lavoisier, o segundo momento envolve questões relacionadas ao cientista e a lei da conservação da massa e todas as dificuldades envolvidas na superação da teoria do flogisto, e o terceiro momento apresenta atividades prático-experimentais que envolvem reações

químicas simples para que os alunos as analisem de forma ativa e investigativa. Foi organizado para ser utilizado em turmas do 9º ano do ensino fundamental II, conforme a possibilidade de inclusão desse tema no decorrer do ano letivo.

A sequência didática possui uma estrutura de organização composta pelas seguintes seções: *Prefácio; Por que utilizar essa sequência didática; A experimentação e o ensino de Química; História e Filosofia da Ciência no ensino; Lavoisier e o ensino de Química; 1º momento: Lavoisier muito além do laboratório; 2º momento: Lavoisier e a Lei da Conservação das massas; 3º momento: Trabalhando a lei da conservação das massas experimentalmente; Referências; Textos de apoio ao professor.*

A seção *prefácio*, será escrita pela Professora Drª Denise Leal de Castro, orientadora desse trabalho, e tem como objetivo principal demonstrar todo o percurso da construção desse trabalho, acolhendo e demonstrando ao professor que utilizará esse produto educacional toda a proposta dessa sequência didática. As seções *A experimentação e o ensino de Química; História e Filosofia da Ciência no ensino; Lavoisier e o ensino de Química;* constituem uma síntese do referencial teórico dessa dissertação, tendo em vista que existem diversas maneiras de se trabalhar esse tema e tem como objetivo principal situar o professor no aporte teórico que essa sequência didática se apoia.

A sequência didática propriamente dita se constitui em três momentos, que visam contemplar o objetivo geral dessa dissertação que é o de convergir a História e Filosofia da Ciência no ensino com as atividades prático-experimentais investigativas.

A partir do confronto das análises apresentadas anteriormente com as pesquisas da área, decidimos, então, iniciar o estudo com uma abordagem histórico-filosófica, de forma a impedir que o tema sobre a lei da conservação das massas fosse apresentado de forma acabada. O estudo realizado nesse primeiro momento em seu desenvolvimento histórico permitiu discutir com os alunos a vida do cientista e problematizar a visão que estes possuíam. O primeiro momento dessa sequência didática é intitulado "*Lavoisier muito além do laboratório*", essa aula teve duração de cem minutos, ou seja, duas aulas de 50 minutos e tem como principal objetivo inserir a dimensão histórica e todos aspectos sociais envolvidos na biografia de Lavoisier, demonstrar que sua vida tinha outros fatores, atores e contextos envolvidos além de um laboratório e suas experimentações, nesse momento inicial foi dada ênfase ao papel de sua esposa, Marie Anne, no desenvolvimento de seu trabalho.

O segundo momento é intitulado de "*Lavoisier e a lei da conservação das massas*", essa aula tem duração de cinquenta minutos, ou seja, uma aula e tem como principal objetivo discutir a superação da teoria do flogisto pela lei da conservação da massa, inserindo todo conflito dos envolvidos na época. O estudo da lei da conservação das massas permitiu aos alunos discutirem os limites e as possibilidades do desenvolvimento científico, de forma a problematizar a visão da ciência que esteja alheia ao contexto em que a sociedade vive.

No último momento dessa sequência didática é proposto uma atividade prático-experimental investigativa, uma vez que essa é intitulada de *"Trabalhando a lei da conservação das massas experimentalmente"*, essa aula tem como principal objetivo propor atividades prático-experimental com o viés investigativo sobre a lei da conservação de massas ampliando as possibilidades de se trabalhar essa lei experimentalmente. Nesse momento a grande questão é a realização de um experimento que não seja apenas para verificar a lei da conservação das massas, mas levar o aluno a uma análise crítica do real papel do experimento dentro da construção do conhecimento químico. Nessa fase da sequência didática estão dispostos um roteiro aberto de atividade prático-experimental, essa atividade prático-experimental terá a duração de uma aula com cinquenta minutos.

Visando a utilização da sequência didática como uma proposta de trabalho que integre os conhecimentos advindos da História e Filosofia da Ciência no ensino e as atividades prático-experimentais investigativas, as aulas que a compõem foram desenvolvidas tendo etapas dependentes, de modo a ser determinante para a eficiência do trabalho aplicar a sequência didática completa. Ressalta-se que é de suma importância realizar todas as etapas dessa sequência, visando trabalhar um maior número de informações e experiências sobre o tema proposto.

Sabe-se que o processo de construção de conhecimentos inclui a avaliação da aprendizagem. A avaliação é contemplada na educação básica diretamente no item V do art. 24 da LDB (BRASIL, 1996), sendo relacionada à avaliação do desempenho do aluno, verificação do aprendizado, aproveitamento dos estudos e identificação de dificuldades.

A sequência didática apresenta ao final de cada aula um tópico como sugestão ao professor para a avaliação das etapas, sendo apresentadas orientações sobre uma proposta de avaliação contínua, envolvendo a observação, a análise e a captação das informações passadas por meio das ações realizadas pelos alunos, suas atitudes e seu envolvimento.

A seção, *Referências*, apresenta a relação das referências bibliográficas usadas na organização da sequência didática, enquanto a última seção, *Textos de apoio ao professor*, traz um texto que aborda detalhes da vida de Lavoisier fora do laboratório e um outro texto com uma nota complementar sobre a execução de Lavoisier, visando o aprimoramento ou aprofundamento de conhecimentos pelo professor.

Antes da aplicação do produto de fato, algumas das propostas inseridas no material em questão foram testadas, porém, isoladamente, e abordando outros conteúdos. Aulas com abordagem histórico-filosóficas foram feitas, e os alunos reagiram positivamente a elas. Alguns alunos se mostraram bastante interessados sobre a vida desses cientistas abordados, demonstrando curiosidade por esse tipo de informação. Em um primeiro momento, iniciou-se atividades prático-experimentais com uma abordagem investigativa, contudo a escola iniciou um projeto de laboratório, com outra professora, em que os experimentos eram feitos com uma abordagem demonstrativa e de verificação, respeitando o projeto da escola, o viés investigativo só voltou a ser feito na turma durante a aplicação do produto.

Nessa proposta pedagógica de convergir a História da Ciência com Atividades prático-experimentais investigativas, não teve como objetivo lançar mão da abordagem histórica como um enxerto de conteúdo, mas sim como um eixo condutor do trabalho, capaz de demonstrar a construção do conhecimento científico de modo mais humano e coletivo, aproximando e identificando o aluno com a abordagem apresentada. Além disso, é objetivo também que o aluno compreenda que o conhecimento não é fragmentado, pois há uma integração de saberes entre várias áreas do conhecimento.

A sequência didática foi aplicada em um total de 4 horas-aula, durante o mês de abril. É importante destacar que a estratégia foi compactada em um número menor de aulas já que a falta de tempo em sala para ministrar os conteúdos é uma das principais preocupações do professor atual. Por esse motivo, tivemos que adaptar o conteúdo a um tempo disponível, abdicando de alguns tópicos que haviam sido selecionados anteriormente.

Outra informação relevante, que contribuiu para algumas modificações feitas, foi o fato de os alunos estarem vivendo um momento de transição de fim de bimestre e início do outro. Por esse motivo, eles estavam muito envolvidos com recuperação de outras disciplinas. Sendo assim, não podiam ser exigidos muitas atividades fora do momento de aula. A sequência didática pode ser resumida da seguinte forma:

Quadro 3.6- Organização da sequência didática

Momento/Data/tempo	**Objetivos**	**Atividades realizadas**
Lavoisier muito além do laboratório: 13 e 17 de abril de 2018.100 minutos	Discutir a imagem de Lavoisier, apresentando-o dentro de um contexto e com demandas além do laboratório.	• Roda de conversa • Exibição do trecho do filme a Grande ideia. • Análise de uma imagem histórica. • Leitura de um texto fictício sobre os problemas enfrentados na revolução francesa.
Lavoisier e a lei da conservação das massas: 20 de abril de 2018. 50 minutos	Discutir a relação da Lei da Conservação das Massas com a prática de Lavoisier como cientista e analisar a construção do conhecimento científico pela mudança de pensamento na forma de fazer e pensar a Química.	• Leitura do texto sobre a "ruptura" do flogisto e a "adesão" da lei da conservação das massas. • Exibição de um vídeo envolvendo uma atividade prático-experimental sobre a queima dos materiais e a lei da conservação das massas.
Trabalhando a lei da conservação das massas experimentalmente: 24 de abril de 2018. 50 minutos	Propor uma atividade prático-experimental da Lei da Conservação das Massas que não sejam apenas uma mera verificação lei.	• Um roteiro de uma atividade prático experimental aberto nos procedimentos e resultados.

Fonte: Elaboração da pesquisa.

Com base na análise das atividades, na sua organização, nos aspectos didáticos e pedagógicos contemplados, e no tema proposto, considera-se que a sequência didática possui como grande diferencial a sua estrutura, e a preocupação com os aspectos didáticos e pedagógicos, tão importantes e necessários ao trabalho docente prazeroso, fluente e de qualidade. Vale ressaltar seu perfil pautado no desenvolvimento de atividades que contemplem a integração de duas áreas, História da Ciência no ensino e a experimentação por investigação, que são de suma importância para a compreensão da Química na educação básica, tendo em vista que estas duas estratégias que são

integradas na sala de aula têm caráter epistemológico no processo de ensino e aprendizagem.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo, serão expostas e analisadas as ideias principais contidas no produto educacional, os detalhes que aconteceram durante os encontros da sua aplicação e discutidas as observações contidas no diário de bordo, que foram feitas durante o desenvolvimento das atividades.

4.1 – APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi montada a fim de destacar o papel do trabalho do cientista no desenvolvimento de uma lei, no caso desse trabalho, a lei da conservação das massas. Dessa forma, foi realizado um recorte biográfico de Antoine Laurent Lavoisier privilegiando o contexto da revolução francesa que o cientista estava vivenciando, assim como as diversas pessoas que possuíam um contato mais direto com seu trabalho.

A seguir, são apresentados os resultados oriundos do diário de bordo feito a partir sequência didática. Descrevemos os resultados obtidos em cada uma dos momentos separadamente. Para a coleta de dados utilizamos os seguintes instrumentos: diário de bordo para as duas rodas de conversa no primeiro momento, uma questão relativa a análise da imagem histórico e dados, hipóteses formuladas e procedimentos adotados na atividade prático-experimental.

4.1.1- 1º momento: Lavoisier muito além do laboratório

Nessa primeira aula da sequência didática, participaram vinte e sete dos trinta e sete alunos matriculados nessa turma. Inicialmente foi utilizada a técnica da roda de conversa, que, segundo Moura e Lima (2014), “sendo um instrumento de produção de dados que tem como matéria-prima a memória despertada pela a conversa com os pares, favorece os achados científicos” (p. 98), para os alunos que caracterizassem o cientista que disse a seguinte frase: “Em todas as operações da arte e da natureza nada é criado; existe uma igual quantidade de matéria antes e depois do experimento”.

De um modo geral, os alunos fizeram inserções no sentido desse cientista ser velho, ter cabelo despenteado e ter uma intelectualidade acima da média, o caracterizando como um gênio. Destaca-se as seguintes falas nesse momento inicial: “O cientista que inventou a Química era muito inteligente” (A13); “O cientista que inventou essa coisa difícil não deve ser normal” (A 16); “O cientista devia ser muito rico” (A08); “Ele deu muita sorte de ter tido as ideias certas na hora certa” (A 23).

Os dados colhidos nessa roda de conversa inicial dimensionaram a visão problemática e ahistórica defendida por Gil-Pérez *et.al.* (2001) em seu artigo, que as caracterizam quando

> transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem (...),o que dificulta a captação, bem como a compreensão da racionalidade de todo o processo e empreendimento científicos. (p. 131)

Partindo, pois, de um dos pressupostos desse trabalho: apresentar a química como uma atividade humana inserida em um contexto sociocultural específico, achamos pertinente lançar mão de alguns episódios da biografia de Lavoisier (PEDUZZI, 2001; MARTINS, 2007; BELTRAN, 2013). Para discutir os trabalhos realizados por Lavoisier, apontamos o cenário em que estava inserido. Nos utilizamos de um trecho [1]do filme "A grande ideia", baseado no livro "E=mc^2 – uma biografia da equação que mudou o mundo", de David Bodanis. O foco do vídeo é a pesquisa de Lavoisier sobre a conservação da massa, e a exibição do vídeo foi usada para suscitar discussões com relação ao contexto histórico em que Lavoisier desenvolveu seu trabalho para que posteriormente outra roda de conversa fosse feita para que observassem as diferenças de ideias da atividade inicial.

Figura 4.1.1- Cenas do vídeo sobre Lavoisier

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=kGQbpYQh0NE&t=481s

Após a exibição do filme foi feito novamente uma roda de conversa devido ao fato que, assim como todo filme, é bastante romanceado, por exemplo, em uma de suas falas, o narrador apresenta Lavoisier como: "Ele (cientista) está inventando um novo tipo

[1] 22:38-41:20, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=kGQbpYQh0NE&t=481s Acesso em 04 de jul. de 2018. Inspirado no livro de BODANIS, D.; E=mc²: uma biografia da equação que mudou o mundo. Rio de Janeiro, Editora Ediouro, 2001.

de Química”. Esse destaque e outros podem reforçar uma visão distorcida do trabalho do cientista, já que sobrevaloriza a figura do cientista.

Contudo antes de problematizar o roteiro do filme, o professor introduziu com a indagação do que os havia surpreendido mais no filme. “Não sabia que tinha uma mulher na Química” (A16). A manifestação dessa aluna foi muito espontânea e foi dita logo após a pergunta, esta havia se surpreendido com o papel desempenhado por Marie Anne Lavoisier nas descobertas do marido. Essa fala da aluna demonstra uma falta de identificação dela com os cientistas estudados na escola.

Essa inserção fez com que outra aluna (A 23) dissesse que nada que ela havia pensado no início da aula aconteceu. O professor pediu para que explicasse melhor, e ela afirmou que não imaginava que ele não ficava só dentro do laboratório e que não tivesse feito todo o seu trabalho sozinho. Demonstrando assim um novo olhar para o trabalho do cientista, em que a ciência é construída de forma humana e coletiva.

Um outro ponto que chamou a atenção dos alunos foi a decapitação do Lavoisier pela revolução francesa. Existia na turma a impressão que o cientista só fazia o bem para a sociedade e que deveria ser reverenciado. Nesse momento o professor fez uma intervenção no sentido de passar aos alunos o contexto da revolução francesa. Esse momento histórico foi estudado pelos educandos no ano anterior, contudo não houve conexão com os conteúdos estudados entre duas áreas do conhecimento diferentes, diante desse cenário, o professor revisou os principais pontos dessa revolução e situou o cientista na problemática vivenciada da França da época.

Ao final da aula, o professor voltou no roteiro do filme a fim de realizar levantamentos com os alunos de alguns pontos que são extremamente romantizados, levando assim um momento de análise crítica da biografia do cientista. Por fim, alguns alunos participaram desse momento relatando algumas surpresas que vivenciaram tendo em vista a sua opinião na roda de conversa inicial.

Quadro 4.1.1: Discurso dos alunos na roda de conversa inicial e final

Respostas da roda de conversa inicial	**Respostas da roda de conversa final**	**Trechos da biografia citadas no filme**
Cientista vive sozinho, totalmente isolado socialmente	Tem família, esposa, emprego em um cargo público	Foi também em 1768 que Lavoisier ingressou na Ferme Générale, uma associação de financistas responsável por recolher imposto da população. *** Através da Ferme Lavoisier conheceu Marie-Anne, filha de outro fermier, e em 1771 se casaram, ele com 28 e ela com 14 anos.
Velho	Jovem	Através da Ferme Lavoisier conheceu Marie-Anne, filha de outro fermier, e em 1771 se casaram, ele com 28 e ela com 14 anos.
Trabalho Isolado	Influência de outros cientistas em seu trabalho	Sua esposa foi muito importante para o seu trabalho na ciência, ela era quem traduzia os textos e desenhava os experimentos em seus livros.
Ciência como construção individual. Quando um descobre algo diferente descarta-se a ideia anterior.	Para que tivesse êxito foi necessário conversar muito com outros pesquisadores da época.	Marie Anne foi uma importante tradutora de importantes obras de químicos britânicos da época e os desenhos de muitas publicações foram realizados por ela.
Ciência Masculina	Presença de mulheres da ciência: Madame Lavoisier	Madame Lavoisier era uma perfeita representante das mulheres do século XVIII que exibiam amor pelo saber, o entusiasmo pelas novas

		idéias e um refinado senso de sociabilidade.

Fonte: Elaboração da pesquisa

A utilização do trecho do filme permitiu ao aluno reconhecer o cenário que o cientista viveu. Apesar da filmagem ser romantizada no que diz respeito a exaltação feita a alguns personagens, ela possibilitou discussões em torno da imagem do cientista que os alunos possuíam inicialmente, possibilitando uma nova roda de conversa buscando o confronto das ideias iniciais.

Durante esse momento da intervenção foi utilizada duas estratégias para se trabalhar História da Ciência no ensino. O primeiro deles tem a ver com o uso de imagens históricas, esse é um recurso ainda pouco utilizado, segundo uma pesquisa recente de Callegario *et.al.* (2017). No segundo momento foi utilizado um episódio histórico da biografia de Lavoisier, estratégia didática mencionada como possibilidade por McComas (2013), o recorte biográfico escolhido foi um folheto escrito pelo próprio autor que tinha como principal objetivo relatar as diferenças que haviam entre Marat e Lavoisier, esse que foi um dos principais motivos para que esse fosse declarado inimigo do povo pelos revolucionários franceses.

Na aula seguinte estiveram presentes os 37 alunos. A presença foi mais expressiva tendo em vista que a aula anterior foi próxima do fim de semana e a seguinte no início da semana. Essa variação quantitativa é recorrente na rotina escolar da turma.

No início da segunda aula que complementa o momento do trecho do filme exibido, tendo em vista que explora a relação do cientista com sua esposa, foi trabalhado um trecho de um livro: Lavoisier ano um de Bell (2007) e também a imagem de um quadro do cientista com a sua esposa. Essa atividade tinha como principal objetivo reconhecer o papel de Marie Anne nos trabalhos de Lavoisier, enfatizando que a construção do conhecimento científico não é individual.

O trecho do livro escolhido para a atividade teve haver com o trabalho de imagem que seria analisado pelos educandos:

> Em 1778, o pintor David entregou um retrato de corpo inteiro de Lavoisier e sua esposa. O casal foi retratado com Marie-Anne repousando suavemente sobre os ombros do marido, em uma pose doméstica familiar, mas seu braço direito está mais vigorosamente

> estendido até a mesa, reforçando a mão de Lavoisier, que segura a pena (BELL, 2007).

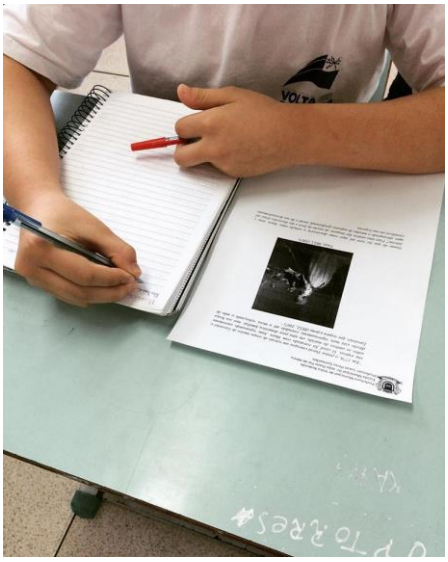
A imagem utilizada foi a do quadro descrito por esse texto, o professor leu o trecho e enfatizou o que foi lido na imagem.

Após essa breve explicação inicial foi pedido para que os alunos escrevessem o que estes entendiam sobre a relação de Lavoisier e sua esposa. Cabe ressaltar que os alunos participaram de uma roda de conversa sobre o contexto cultural da época e o papel da mulher na sociedade no final dessa aula.

Figura 4.1.1.2- Quadro pintado de Lavoisier e sua esposa, Marie Anne

Fonte: (BELL, 2007)

Figura 4.1.1 - Aluno resolvendo a questão que envolvia a análise de uma imagem histórica



Fonte: Elaboração da pesquisa

Após essa breve explicação inicial foi pedido para que os alunos escrevessem o que estes entendiam sobre a relação de Lavoisier e sua esposa. Cabe ressaltar que os alunos tiveram uma explicação inicial sobre o contexto cultural da época e o lugar da mulher na sociedade. Nessa atividade os alunos demonstraram estar mais comprometidos do que o esperado, muitas vezes escrevendo mais de quinze linhas sobre a relação existente entre os dois. Pode-se assim, destacar as seguintes falas:

> Analisando a imagem, tem-se a ideia de que Marie Anne ocupava a posição de esposa (referente ao braço da mesma repousando ao ombro dele, uma pose familiar) e de fiel auxiliar (referente ao braço estendido apoiando a mão de Lavoisier). O modo com o qual ele olha para ela como consultando para algo, também remete à ideia de parceria. O que me chamou bastante a atenção foi o fato de uma mulher participar ativamente da química (A 30)
>
> A relação entre eles não era comum, pois não era uma relação típica para a época Marie Anne foi extremamente importante para Lavoisier porque se empenhou muito para ajuda-lo, como aprender inglês para traduzir as coisas para ele e a desenhar as ilustrações de seu livro, ou seja, ela foi ótima para ele como companheira na ciência. (A 15)
>
> Gosto da relação do casal, Marie Anne era uma mulher que se impunha, ela não tinha medo de falar, A Marie Anne ajudou muito seu novo esposo. Marie Anne aprendeu inglês para seu esposo e traduziu trabalhos científicos. Ela foi fundamental para Lavoisier. (A 34)

Todas essas afirmações realizadas pelos alunos são feitas após a exibição do filme e a análise da imagem. Cabe ressaltar que no primeiro momento, na roda de conversa inicial, muitos alunos consideravam que o cientista trabalhava sozinho e era

capaz de chegar as suas descobertas, características muito evidentes nos antigos alquimistas. Um fato que deve ser mencionado é que as falas dos alunos foram modificadas para o acerto da ortografia e concordância e Marie Anne não foi trabalhada nessa pesquisa com o viés da “mulher na ciência”, e sim como uma parceira de trabalho de Lavoisier para enfatizar que a ciência é uma construção humana e coletiva, fato esse que ficou claro nas afirmações feitas pelos estudantes. Foi observado que muitas alunas se identificaram com o trabalho desenvolvido por Marie Anne mas as discussões envolvendo a presença de mulher na ciência não foi destacada em sala de aula.

Como foi mencionado anteriormente, a aula em que o trecho do filme foi exibido teve presença menor do que esse segundo momento, contudo a análise da imagem e do trecho do livro conseguiu cumprir o objetivo de dimensionar a vida do Lavoisier muito além do laboratório conforme os seguintes relatos escritos pelos alunos:

> Marie Anne e Antoine era um casal que se amava, na imagem ela está com o braço direito encostado em seu ombro e ele olha para ela com um olhar de afeição, o olhar deles transmite isso, é o primeiro quadro de um cientista que eu vejo com a esposa ou com qualquer outra pessoa (A 12).

> Marie era como o braço direito de Lavoisier, sempre estava com ele quando precisava, tanto que em um momento tão importante quanto a pintura do quadro ele a reconheceu como parte da sua vida e parceira de trabalho. Lavoisier sabia que com todas as suas atribuições de uma vida normal ele precisava contar com ela (A13).

Diante dessas falas podemos dizer que o trabalho com imagens históricas, pouco ainda explorado, segundo Callegario *et.al.* (2017), cumpre o seu papel de transmitir ao aluno o contexto em que o cientista vivia, no caso de Lavoisier, era notório entre seus pares o papel de sua esposa em seu trabalho. (FILGUEIRAS, 2015).

Também foi trabalhado o Lavoisier no contexto da revolução francesa e a sua execução. Foi distribuído aos alunos um folheto fictício em que o cientista Jean Paul Marat atacava Lavoisier, tanto pela sua posição na monarquia francesa quanto pelas descobertas científicas.

Esse folheto foi lido pelo professor e depois contextualizado dentro do âmbito da academia de ciências e das reivindicações dos revolucionários franceses em que Marat se incluía. Foi passado aos alunos todo o contexto da época, mas foi uma surpresa no desenvolvimento da aula as poucas informações que estes possuíam da revolução francesa.

Inicialmente foi distribuído o texto e colocado os alunos de forma individual realizando a leitura do texto 01. O momento individual não foi proveitoso, já que muitos alunos se colocaram como sendo um texto extenso e se dispersaram rapidamente, não permitindo que ali se tornasse um espaço acolhedor para uma boa leitura.

Apesar do planejamento inicial ter sido feito para três leituras, em que inicialmente seria feita uma leitura individual e os alunos iriam resumir, após isso uma leitura em grupo de quatro alunos e por último com todos os alunos da sala, isso não foi possível. Credita-se esse fato pela pouca atratividade do texto escrito aos alunos, tendo em vista os meios tecnológicos de hoje. Tendo em vista toda essa dificuldade na leitura, o professor realizou a leitura com os alunos de forma com que eles acompanhassem no material preparado.

Após a leitura, iniciou-se um debate em sala de aula sobre essa paternidade caracterizada pelos trabalhos de Lavoisier (GIL PÉREZ *et.al.;* E EL-HANI, 2006). Muitos alunos se lembravam da aula anterior e expuseram argumentos de outras pessoas que ajudaram no desenvolvimento da pesquisa de Lavoisier. A partir daí, realizou-se um debate inicial que durou cerca de quinze minutos aproveitou-se esse momento para discutir o trabalho do cientista e muitas vezes a visão aproblemática e ahistórica que levamos de muitos outros (GIL PÉREZ *et.al.,* 2001; EL HANI, 2006; PRADO, 2015).

Na aula seguinte, foi retomada essa atividade e os alunos relataram que só se lembravam que a revolução francesa era uma revolução do povo e não imaginava que poderia ter causado tanto sofrimento a uma pessoa. Também relataram o quanto ficaram impressionados com a decapitação, julgando essa forma de morte como cruel e desleal. Uma das alunas que tem interesse na disciplina de história disse que pesquisou mais sobre o assunto e que a atividade fez com que ela saísse da inocência de que na história existe o lado bom e o lado ruim, e sim interesses diferentes. A fala dessa aluna foi um ponto positivo de ter levado essa discussão para mais uma aula.

4.1.2 – 2º momento: Lavoisier e a Lei da Conservação das massas

Tendo em vista a dificuldade na leitura, já mencionada anteriormente o professor realizou-a com os alunos de forma com que eles acompanhassem no material preparado. Muitas dúvidas surgiram na leitura do texto 02 e uma das principais se relacionavam com os princípios da teoria do flogisto, o que seria calcinação e os desentendimentos de Lavoisier e Priestley.

Esse momento serviu para que o professor chamasse atenção para o fato de que o conteúdo estudado em outra disciplina seria importante para que eles compreendessem as questões levantadas pelo cientista e que este não estava alheio ao que acontecia na sociedade. Depois dessa discussão inicial apresentou-lhes, então, Priestley, discutindo seus trabalhos sobre o ar deflogisticado (oxigênio).

Apresentou-se, também, alguns outros dados biográficos, destacando a teoria do flogisto e o uso desta por Priestley, enfatizando que não há uma ruptura clara mas uma mudança que ocorre de forma coletiva (MARTINS E PEREIRA MARTINS, 1993; FILGUEIRAS, 2015).

O encontro e posterior embate entre Priestley e Lavoisier foi o ponto de partida para a apresentação do cientista francês e a forma com que mudou as bases da química, apresentando aspectos estritamente da ciência e das relações sociais que estava envolvido (MARTINS E PEREIRA MARTINS, 1993; FILGUEIRAS, 2015).

Também foi enfatizado o fato que o cientista não fundamentou experimentalmente a lei da conservação das massas mas foi ele que tinha condições de adquirir balanças sensibilíssimas pelo fato de ser um nobre cobrador de impostos. Desse modo foi enfatizado a inter-relação que a ciência exercia com a vida profissional de Lavoisier.

Filgueiras (2015) que as atividades de Lavoisier tinham uma necessidade mais voltada para o utilitarismo. Por ser formado em direito e ter uma atividade voltada para a economia da França, a ciência de Lavoisier se desenvolveu ao redor da resolução de problemas, como os de iluminação das ruas e a produção de pólvora e salitre de melhor qualidade e mais rentável.

Os alunos participaram ativamente desse momento da aula, ficaram bastante atentos durante a discussão sempre fazendo inferências e lançando muitas perguntas ao professor. As dúvidas e inquietações passavam tanto por curiosidades sobre a vida de Lavoisier quanto sobre seu trabalho. É importante ressaltar que durante as aulas, tivemos o cuidado com a forma como a História da Ciência estava sendo usada. Para evitar uma visão distorcida do trabalho do cientista, mencionamos aspectos significativos no processo de construção de um dado conhecimento: o contexto social e cultural, as ideias anteriores e diferentes (GIL PÉREZ *et.al.,* 2001; BELTRAN, 2013).

Eles começaram a ter dúvidas resgatando alguns trechos do texto, entre as quais se destacam:

> Lavoisier não foi nem o primeiro a afirmar esse princípio, nem quem o fundamentou experimentalmente. Da Antiguidade até a época de Lavoisier, vários autores alternadamente afirmaram ou negaram que a massa dos corpos fosse constante. Um pouco antes de Lavoisier, Immanuel Kant reafirmava como princípio filosófico a conservação do "peso" da matéria. (Trecho do texto construído pelo autor e destacado por um aluno (A12) para fazer uma pergunta)
> "Professor, o Lavoisier não era o Pai da Química por essa tal lei da conservação da massa? Mas aqui no texto está escrito que não foi ele quem inventou".

No mesmo instante dessa pergunta, um outro aluno (A16) interrompeu e respondeu à pergunta com outro trecho do texto apresentado:

> Ela não podia ser estabelecida de forma adequada e fundamentada experimentalmente antes do conhecimento do papel dos gases (principalmente do oxigênio) nas reações químicas, bem como do uso de recipientes fechados e de métodos quantitativos cuidadosos. Todas essas condições apenas se tornaram presentes na época de Lavoisier, por isso atribui-se a autoria dessa lei. No entanto, deve-se dizer mais corretamente que ele pressupõe em seus trabalhos a validade desta. (Trecho do texto construído pelo autor e destacado por um aluno (A16) para fazer uma pergunta)

Após esses dois comentários iniciou-se um debate em sala de aula sobre essa paternidade caracterizada pelos trabalhos de Lavoisier. Muitos alunos se lembravam da aula anterior e expuseram argumentos de que se Antoine Lavoisier fosse verdadeiramente o Pai da Química, Marie Anne teria que ser a Mãe. Para se ter uma ideia, no discurso preliminar de seu Tratado, Lavoisier assinala a importância da troca de ideias com Bertholet entre outros cientistas. Além dessa brincadeira feita pelos alunos, muitos estavam perturbados com a informação da relação entre Lavoisier e Priestley, problematizando essa relação e buscando "justiça" para o cientista inglês.

Esse debate inicial, durou cerca de quinze minutos, aproveitou-se esse momento para discutir o trabalho do cientista e muitas vezes a visão aproblemática e ahistórica que levamos de muitos outros. Como desdobramento dessa atividade, um grupo de alunos propôs que nas aulas de informática, um outro momento da rotina escolar dos educandos, fosse pesquisado a história da química de um modo geral e que essa pesquisa fosse mostrada e foi justificado essa necessidade, pelos alunos, para que ninguém ganhasse "fama" sem ser merecedor dela.

Em seguida, as discussões da natureza da ciência estiveram presentes, a turma começou a apresentar dúvidas acerca de termos mais experimentais usados por Lavoisier como calcinação, flogisto e a importância da utilização da balança para seus experimentos.

Desse modo foi exibido um vídeo de 1 minuto e 27 segundos de dois experimentos[2], Esse vídeo foi gravado pelo próprio autor no Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, no dia 27 de fevereiro de 2018 utilizando uma balança semi analítica da marca Marte.

Figura 4.1.2 - Queima da palha de aço no Vídeo Experimental

Fonte: Elaboração da pesquisa

O experimento após ser filmado foi editado para ser exibido aos alunos. As modificações que foram feitas tiveram como principal objetivo de mostrar um experimento simples, mas por lidar com combustão muitas vezes não é possível de ser utilizado em sala de aula. Foi retirado o áudio a fim de que o professor fizesse suas explicações e esclarecesse as dúvidas conforme o experimento ia acontecendo e também foram anotados os valores encontrados na balança e colocados na edição para se tornarem mais visíveis e de melhor observação pelos alunos que assistiam. Também foi enfatizado no vídeo os momentos que a massa aumentava e diminuía, uma vez que foi realizado um experimento da queima da palha de aço e outro da queima do papel.

[2] disponível em: https://youtu.be/Vfi8xvKIoM0, Acesso em 09 de março de 2018.

Foi evidenciado que conclusão similar chegou o cientista Lavoisier no seu experimento sobre calcinação de metais e que a partir de uma inquietação que a teoria do flogisto não conseguia explicar, este começou o seu estudo para lançar um novo olhar do fazer Química (MARTINS E PEREIRA MARTINS, 1993; FILGUEIRAS, 2015).

O que se observou é que os alunos tiveram uma atenção maior nos postulados da lei da conservação das massas por terem feito um comparativo anterior e terem compreendido as lacunas que a antecedente deixava, tornando o ambiente mais favorável a elaboração de hipóteses.

Durante a exibição do vídeo, que durou cerca de 10 minutos, foi esclarecida a dúvida do que seria calcinação através da queima da palha de aço e evidenciado o valor das balanças para o uso da lei da conservação das massas conforme a percebemos hoje, contudo não foram esclarecidas nesse momento as dúvidas com relação ao que seria a teoria do flogisto. Essa teoria não foi discutida nesse momento pelo fato que a avaliação da turma seria comparar essas duas leis, para que assim, conseguissem compreender a revolução de que o Lavoisier referia estar fazendo na Química.

Diante disso, foi pedido aos alunos que explicassem os experimentos evidenciados segundo a teoria do flogisto, tendo em vista que segundo a perspectiva da lei da conservação das massas ele já havia sido explicado pelo professor na exibição do vídeo experimental. Foi reforçada o que seria as ideias do flogisto e percebeu-se pelas respostas dos educandos um desconforto ao tentar explicar o experimento pela óptica dessa teoria.

Com relação a queima do papel, de um modo geral, consideraram ser simples a explicação por diminuir a massa e assim uma explicação mais coerente para a perda da substância do flogisto, conforme defendiam os teóricos do flogisto. Com relação a queima da palha de aço, muitos alunos responderam que não era possível explicar sob a perspectiva do flogisto devido ao aumento de massa. Os outros alunos não responderam ou afirmaram que a substância flogisto entrava dentro da palha de aço.

Para que pudessem comparar a teoria do flogisto e a lei da conservação das massas, foi feita a seguinte pergunta: “Você concorda que Lavoisier fez uma revolução na Química? Em sua opinião, a lei da conservação das massas ou o flogisto explica melhor a queima de materiais? Sinta-se à vontade para discordar do que está posto e utilize boa argumentação”. Podemos destacar as seguintes respostas:

> Eu concordo com a lei da conservação das massas, pois não é apenas o flogisto que está envolvido nas queimas dos materiais já que nem

> todo material a sua massa diminui, se colocarmos em um vidro em volta (sistema fechado), a massa continua a mesma. Por isso eu concordo com a forma que o Lavoisier estudava a Química pois a massa não muda se os componentes das substâncias não saírem, a teoria de Lavoisier explica melhor (A15).

> Concordo. Porque quando ocorre a queima não era nenhuma substância que iria sair, era o oxigênio que entrava e por consequência ocorre o aumento de massa, o que seria difícil explica pela outra teoria. Com o papel seria a mesma coisa se colocasse um copo de papel por cima do papel (sistema fechado), ai a massa não ia diminuir, ia continuar a mesma (A17).

> As ideias de Lavoisier explicam melhor que a do Flogisto, pois ele consegue explicar o papel e a palha de aço com mais clareza, diferentemente do flogisto, que é impossível explicar a queima da palha de aço. Eu concordo com a lei da conservação das massas, a ideia de que o oxigênio entra em vez de uma substância sair, e no caso do papel, que a massa diminui, se o papel for queimado dentro de uma cúpula fechada e for pesado, terá a mesma massa que tinha antes de queimar (A04)

A análise da construção histórica do conhecimento científico foi muito difícil para os alunos, tendo em vista que as ideias advindas da disciplina escolar de ciências nunca foram contestadas em sua trajetória escolar e nessa aula os alunos tiveram a oportunidade de analisar criticamente uma lei científica e construir uma argumentação em torno de sua opinião com o contexto do vídeo experimental. Existiram alunos que não conseguiram e outros que tiveram dificuldade de explicar, mas em sua maioria, os alunos compararam de forma clara, coerente e satisfatória essas duas leis os fazendo refletir sobre a construção do conhecimento científico.

4.1.3 – 3º momento: Trabalhando experimentalmente a lei da conservação das massas

A atividade prático-experimental proposta contemplou aspectos relativos à abordagem investigativa, levando-se em conta uma participação ativa por parte dos estudantes e suas percepções com relação a lei científica estudada (BORGES, 2002; OLIVEIRA, 2010; GIBIN e SOUZA FILHO, 2016). Os momentos dessa atividade foram preparados para que o aluno se sentisse protagonista no processo de construção do conhecimento e se envolvesse em todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento do exercício.

Para o início e a elaboração desta atividade investigativa, foram pensados os seguintes aspectos:

- **Situação-problema.** Foi realizada uma atividade prático-experimental e os alunos perceberam a perda de massa. Com isso, houve o seguinte questionamento: “Por que a lei não estava sendo cumprida no experimento?” “A lei está errada?”.
- **Conhecimentos prévios.** Levantamento de questões aos alunos sobre o que conhecem sobre as reações químicas e como pensam que essa lei funcionaria naturalmente.
- **Informações.** Apresentação de algumas explicações acerca do que é uma reação química e como esta deve se comportar segundo o enunciado dessa lei.
- **Hipóteses/sugestões.** Solicitação aos alunos que, baseados em seus conhecimentos, apresentem sugestões de como fazer a reação química que essa lei esteja presente.
- **Experimento.** Será fornecido um roteiro para a realização de uma reação química (efervescência de um comprimido de vitamina C em água, com verificação da massa com o auxílio de uma balança), com uma tabela para anotação dos dados.
- **Questão proposta para análise dos dados**. Análise crítica dos procedimentos adotados e dos fatores externos a serem analisados.
- **Conclusão.** Avaliação do erro causado pela diferença de valores encontrados, argumentando-se sobre a prudência que deve ser adotada no trabalho científico e a relação desse com o experimento.

As expectativas de aprendizagem para essa atividade foram:

Quadro 4.1.3 - Campos envolvidos na atividade experimental

CAMPO	**DESCRIÇÃO**
Atitudinal	• Cooperar na execução das tarefas • Compreender que seus questionamentos fazem parte do processo ensino/aprendizagem
Procedimental	• Elaborar respostas claras e objetivas, apresentando e discutindo dados e resultados. • Manusear adequadamente o aparato experimental durante a atividade prático-experimental.
Conceitual	• Lei da conservação das massas em uma reação química.

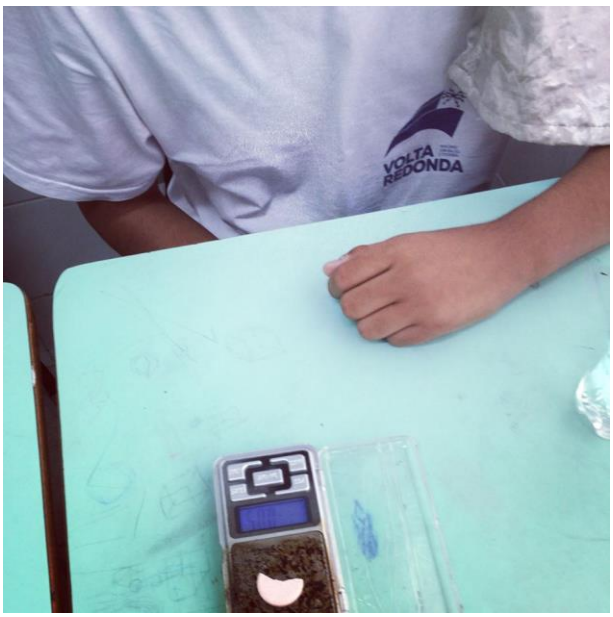
Fonte : Elaboração da pesquisa

Após isso foi apresentado os materiais a serem utilizados no experimento. Foram utilizados: uma garrafa com tampa, água, um comprimido efervescente e uma balança. Em seguida, o professor explicou os procedimentos iniciais e relacionou com a lei da

conservação da massa, desse modo, os alunos previram que a massa anterior a reação teria que ser a mesma após a reação. A turma foi dividida em 3 grupos de 5 alunos e 2 grupos de 3 alunos. Essa divisão se deu por afinidade entre os colegas de classe, sem nenhuma interferência do professor.

Foi realizada a reação com a garrafa aberta e os alunos perceberam a perda de massa. O professor foi em cada grupo para que os alunos utilizassem a balança e os indagou: “Por que a lei não estava sendo cumprida no experimento?” “A lei está errada?”. Os alunos prontamente responderam que o ar (gás carbônico produzido pela reação) estava saindo e por isso a massa estava sendo perdida. Diante dessa hipótese levantada, o professor indagou a turma de que procedimento poderia ser realizado para evitar essa perda de massa.

Figura 4.1.3 - Aluno desenvolvendo a atividade prático-experimental investigativa



Fonte: Elaboração da pesquisa

Nesse momento da aula os alunos sugeriram que a garrafa deveria ser tampada. Repetiu-se o procedimento anterior medindo a massa antes e depois da reação, entretanto, três dos cinco grupos ao realizarem esse procedimento esqueceram-se de medir a massa da tampa da garrafa. Como resultado, a massa depois do experimento estava maior do que a medida antes da reação ocorrer. Novamente os alunos foram indagados como inicialmente e depois de algum tempo chegaram à conclusão que se esqueceram de medir a massa da tampa da garrafa.

Em um desses cinco grupos, mesmo com a garrafa tampada a massa aumentou um pouco mais que o esperado, isso se deve ao fato de se terem utilizado fita adesiva para tampar um pouco mais o lacre. Quando indagados o porquê da diferença de massa, eles prontamente retiraram a fita a adesiva e as mediram separadamente na balança, encontrando o motivo do fato enunciado.

Os outros grupos perceberam a importância da medida da tampa da garrafa, sendo que em momento anterior, antes da primeira medida, um dos componentes de um desses grupos já havia atentado sobre a massa da tampa, contudo foi inibido por outros componentes.

No momento final da aula o professor levou os alunos à reflexão do papel do experimento no trabalho do cientista. Os estudantes foram levados a pensar sobre o rigor que deve ser adotado e que este trabalho deve ser feito com muita atenção. Alguns alunos levantaram a discussão sobre a possibilidade da manipulação de dados experimentais para a comprovação de alguma "descoberta", após essa hipótese levantada foi aberto um amplo debate sobre a ética na pesquisa científica e foi feita uma proposta de se realizar uma pesquisa sobre a falta de ética na pesquisa para os próximos encontros.

Depois da reflexão e análise do experimento foi entregue aos alunos algumas questões para a verificação individual e em grupo do que foi exposto. Após a análise das questões trabalhadas em sala pode-se perceber que os alunos conseguiram relacionar a falta da massa da tampa da garrafa com a diferença de massa antes e depois da reação, alguns dos alunos, conseguiram dimensionar que a velocidade com que se fechava a garrafa interferiria no resultado, pois ocorreria a perda de ar. Em aulas anteriores foi verificado a dificuldade que os alunos tinham de perceber o ar como substância que possui massa, isso representa um avanço no entendimento da química.

Segundo os níveis de aberturas determinados por Pella (1961), a atividade apresentada se enquadra no nível 2 de sua categorização, uma vez que o professor determina o problema, os alunos elaboram suas hipóteses e propõem procedimentos para testá-las; coletam e analisam seus dados e elaboram suas conclusões.

Nessa atividade percebeu-se a influência do erro no desenvolvimento da atividade. Em muitas situações, pode-se perceber que os alunos tiveram dificuldades em propor suas hipóteses pelo fato de poderem se deparar com uma situação punitiva, a todo momento questionavam se não iriam perder pontos e queriam" adivinhar" o que o professor estava "pensando", para resolver o problema proposto (BORGES, 2002).

Ocorreu muita dificuldade por parte daqueles alunos que possuem “notas” melhores que os outros, alguns alunos com “notas” baixas conseguiram desenvolver hipóteses de maneira muito mais competente do que aqueles que rotineiramente se destacam.

De um modo geral, pode-se perceber que os resultados obtidos nesse momento da sequência didática mostraram a inquestionável importância da realização de atividades prático-experimentais investigativas no ensino de química para construção do conhecimento científico, além de desenvolver a tomada de decisão, estimular a criatividade e corrigir erros conceituais (OLIVEIRA, 2010). Na realização da atividade, pode-se observar que a participação dos alunos foi adequada ao processo de construção da atividade, o que contribuiu para um maior interesse no conteúdo químico proposto.

4.2 – Análise das respostas referentes às questões históricas

Durante a aplicação da sequência didática, os alunos responderam duas perguntas relativas aos dois primeiros momentos. Essas perguntas foram dispostas ao final de cada atividade. As questões foram respondidas de maneira individual e dentro de sala para evitar cópias entre os alunos, cabe destacar que não foram questões simples, pois era necessário um alto nível de interpretação e reflexão para responde-las. Dessa forma, as perguntas foram as seguintes:

a) Diante do que foi visto até aqui, como descreveria a relação entre Marie-Anne e Antoine? Faça uma análise da imagem, do trecho do livro e das discussões feitas até aqui, abrangendo o máximo de aspectos (profissional, social e do seu desenvolvimento científico) em sua resposta.
b) Você concorda que Lavoisier fez uma revolução na Química? Em sua opinião, a lei da conservação das massas ou o flogisto explica melhor a queima de materiais? Sinta-se à vontade para discordar do que está posto e utilize boa argumentação.

Para analisar as respostas dos alunos as questões propostas nos dois primeiros momentos (Lavoisier muito além do laboratório e Lavoisier e a lei da conservação das massas), achamos pertinentes categorizá-las com o objetivo de responder algumas questões colocadas por essa pesquisa.

O primeiro questionamento foi realizado no fim do primeiro momento dessa sequência didática. Nessa, os alunos assistiram o trecho de um filme, que retratava

alguns momentos vividos por Lavoisier e analisaram uma imagem referente a um quadro do cientista com sua esposa. Propõe-se as seguintes categorias para essa questão:

A- Os alunos identificam o papel de Marie Anne nas pesquisas e na vida de um modo geral do Lavoisier.
B- Os alunos identificam o papel de Marie Anne de maneira coadjuvante, como sendo somente uma tradutora e desenhista.
C- Os alunos não identificam o papel de Marie Anne na construção do trabalho científico.

Ainda para essa questão, propõe-se as seguintes categorias, para a identificação do recurso em que estes pautaram suas respostas:

A- Utilizam argumentos provenientes do trecho do filme e da análise da imagem e do trecho do texto.
B- Utilizam argumentos provenientes apenas do trecho do filme.
C- Utilizam argumentos apenas da imagem e/ou trecho do texto.

Para o questionamento realizado ao final do segundo momento, propõe-se as seguintes categorias:

A- Os alunos relacionam o trabalho de Lavoisier como sendo metodológico e instrumental e não como um papel de descoberta com a lei da conservação das massas e dão ênfase ao papel do cientista na superação do flogisto.
B- Deram resposta superficial e os alunos relacionam o papel de Lavoisier como sendo o descobridor da lei da conservação das massas o alçando ao patamar de um gênio da ciência.

Quadro 4.2 - Categorização das respostas dos alunos

	Questão 1 – ênfase na resposta	**Questão 1 – recurso utilizado para resposta**	**Questão 2 – Lavoisier e a Lei da Conservação das massas**
Categoria A	30 alunos	10 alunos	25 alunos
Categoria B	5 alunos	20 alunos	12 alunos
Categoria C	2 alunos	7 alunos	Não se aplica

Fonte: Elaboração da pesquisa

Com relação à questão 1, observamos, pelo quadro 4.2, que a maioria dos alunos compreendeu que Marie Anne exerceu um papel fundamental no trabalho e na vida de Antoine Lavoisier. Destaca-se aqui a compreensão pelo fato desta ter contribuído para o seu trabalho, enfatizando a ciência como uma construção humana e coletiva. A seguir, explicitamos algumas respostas que enquadram-se na categoria A:

> A15: "Apesar do casamento ter sido arranjado, foi diferente de outros por um simples fato: A Ciência. Marie Anne foi extremamente importante para Lavoisier".

> A11: "Eu penso que a relação entre Marie Anne e Lavoisier foi meio que arranjada mas que através da ciência e da pesquisa eles conseguiram uma ótima relação".

> A25: "No início de tudo eu pensava que não daria certo, porém foi totalmente ao contrário. Os dois formaram um belo casal e ela ajudou muito ele no seu trabalho, ela foi muito importante para a química".
> A09: "Marie Anne foi fundamental para Lavoisier em seus experimentos e na sua comunicação com outros cientistas".

> A27: "Ele tinha muita vontade de provar suas teorias em relação a natureza. A ajuda de Marie Anne foi muito importante para as suas descobertas que são tão importantes para nós, atualmente".

Ainda contrastando com essa visão da ciência como uma construção coletiva, explicitamos a fala do A35 que reconheceu o papel de Marie Anne mas ainda de forma coadjuvante, caracterizando Lavoisier como o cientista e sua esposa como ajudante:

A36: "A relação dos dois era muito boa. Ele era o cientista e ela ajudava muito ele durante sua jornada".

Os alunos 02, 04, 07 e 23 também construíram respostas similares do aluno 36, reconhecendo o conhecimento científico como uma construção coletiva, mas hierarquizando os indivíduos, no nosso caso, Lavoisier como protagonista e Marie Anne como coadjuvante. Esse fato pode abrir caminho para a discussão das mulheres na ciência, abrindo a discussão do gênero em aulas de química.

Dois alunos (A18 e 24) não mencionaram de forma explícita a contribuição e a relação de Marie Anne com os trabalhos de Lavoisier, esses dois alunos explicitaram a vida dela como sendo totalmente desconexa dos afazeres do marido. Explicitamos a seguinte fala para a categoria C:

A18: “Ela aprendeu inglês, ficou estudando um tempo, ficava algumas vezes com o marido dela”.

Ainda sobre essa mesma questão, foi utilizado dois recursos para chegar ao objetivo proposto, o trecho do filme e a análise da imagem. A maior parte dos alunos utilizaram argumentos do filme para a sua resposta, isso se deve ao fato da dinâmica e do costume que estes têm em assistir filmes, de um modo geral. Gêneros cinematográficos possuem um roteiro romanceado, o que refletiu-se nas respostas dos alunos:

A31: “A esposa de Lavoisier era bem importante, quanto na vida científica quanto no relacionamento pois ela completava ele de uma forma linda”.

A06: “Eles se amavam bastante. Ela ajudava ele na vida profissional e se davam muito bem no pessoal”.

O uso de imagens históricas ainda é pouco utilizado em estratégias didáticas envolvendo a história da ciência. Devido a esse fato, foi utilizado um trecho escrito e uma explicação de como eram feitos os quadros para situar os alunos. Poucos foram os alunos que utilizaram somente do quadro para embasar a resposta da questão 1, podemos destacar a seguinte resposta:

A30: “Analisando a imagem, tem-se a ideia de que Marie Anne ocupava a posição de esposa (referente ao braço da mesma repousando ao ombro dele, uma pose familiar) e de fiel auxiliar (referente ao braço estendido apoiando a mão de Lavoisier)”.

Pode-se perceber na resposta do aluno 30, que este formulou sua argumentação baseado no que viu no quadro. Contudo, pode-se perceber ainda uma visão romanceada em sua resposta, o que pode dimensionar a influência do filme.

A exibição do trecho do filme foi usada apenas para suscitar discussões com relação ao contexto histórico em que Lavoisier desenvolveu seu trabalho. O trecho do filme permitiu ao aluno reconhecer o ambiente em que o cientista viveu. O roteiro desse filme é bastante romanceado. Isso pode levar o aluno a uma visão errada da ciência no que remete à construção do conhecimento, além de sobrevalorizar o cientista.

Assim, aproveitamos falas como essa para lançar uma discussão em torno da imagem do cientista com um texto fictício de um artigo incendiário de Jean Paul Marat, esse texto tinha como objetivo contrastar com a visão apresentada pelo filme e não levar o aluno a uma supervalorização do cientista.

Foi realizado uma roda de conversa em que inicialmente foi lido o texto e após isso os alunos foram indagados para diferenciar a visão exposta no filme com a que foi colocada pelo texto e os comentários feitos pelo professor. O debate foi realizado e pode-se destacar a seguinte fala:

A23: ´" É sempre assim.... nos filmes, novelas e séries as coisas são perfeitas mas na realidade, todos têm algo a esconder"

Esse aluno foi indagado a explicar melhor o que havia dito e este afirmou que a visão do cientista que tinha e o filme passava era de salvadores da humanidade, aqueles que iriam acabar com os problemas da sociedade. Retirar essa cultura salvacionista, usando a História da Ciência como ponte para a humanidade presenta no trabalho científico, fez com que vários alunos entrassem na discussão de forma similar. Esse momento de discussão não foi categorizado devido ao fato de que não houve ocorrência de opiniões divergentes e não foi coletado respostas escritas, um aluno acrescentou a ideia do outro com o objetivo de construir o conhecimento entre eles.

Podemos concluir então, com relação a questão 1, que a maior parte dos alunos compreendeu o enfoque pretendido ao apresentar, por intermédio da sequência didática, fatores de que a ciência é uma atividade humana e, como tal, construída por muitos pesquisadores através de muito trabalho e dedicação.

Em relação à segunda questão, a grande maioria conseguiu estabelecer uma relação entre o trabalho do cientista e o real papel de uma descoberta, relacionando o trabalho de Lavoisier como metódico e aplicável a uma lei já pré-existente. Entretanto, 12 alunos basearam essa relação em uma visão romanceada de Lavoisier o alçando ao patamar de gênio na fundamentação dessa lei, enquadrando-se na categoria B. Para melhor explicitação deste fato, transcrevemos a seguir mais algumas respostas dadas.

A18: "Lavoisier revolucionou uma química que estava toda errada com a invenção da lei da conservação das massas".

A31: "Foi uma grande descoberta e o que se pensava antes de forma errada, não se pensa mais".

A33: "A lei da conservação de massas explica melhor porque foi feita por Lavoisier".

A06: “A lei da conservação das massas explica muito melhor que o flogisto que eu não entendi muito bem”.

A08: “A lei da conservação das massas foi feita por um herói que injustamente teve a sua cabeça cortada”.

Já 25 alunos descreveram o questionamento com afirmativas parecidas com o A04, estabelecendo as ideias do cientista não como de uma grande descoberta, mas o colocando como um cientista que contestou as ideias vigentes através de experimentos (categoria A): “As ideias de Lavoisier explicam melhor que a do Flogisto, pois ele consegue explicar o papel e a palha de aço com mais clareza, diferentemente do flogisto, que é impossível explicar a queima da palha de aço”.

O papel revolucionário do cientista foi lembrado pelos alunos, contudo essa revolução não o alçou a categoria de herói em suas respostas, sendo seus argumentos construídos com base no que viram experimentalmente e em todo histórico discutido anteriormente do cientista. As questões que foram levantadas fizeram com que os alunos analisassem o experimento e as teorias de forma mais crítica, como explicitamos nas respostas a seguir:

A15: “Lavoisier começou a contestar o flogisto a partir de uma pergunta. Ele mudou a forma de pensar as reações químicas mas não foi reconhecido por isso”.

A09: “Lavoisier pode até ter sido um revolucionário o analisando nos dias de hoje, mas na França de sua época ele não era bem visto por ser um cobrador de impostos”.

A02: “O que ele fez foi muito simples, não dá para pensar que ele é inteligente da forma que o livro fala. Basta ser um pouco curioso e se interessar em descobrir porque as coisas acontecem”.

Portanto, o fato de as atividades realizadas para a coleta de dados desta pesquisa fosse aberta ao “erro” e a opinião dos educandos fez com que estes se sentissem à vontade para responder às questões sem se preocuparem se a respostava era o que o professor esperava ou não, declarando a sua opinião sem serem levados a comparar suas respostas com a dos colegas e inclusive analisando de forma crítica um cientista que muitas vezes é colocado em um elevado patamar na química. Lembramos que as respostas apresentadas aqui foram escritas, individualmente, pelos alunos.

Dessa forma, a análise dos dados dessa atividade, foi possível concluir que a maioria dos alunos compreendeu que a lei da conservação das massas não foi descoberta por Lavoisier. e ele não trabalhava sozinho. Evidenciando o fato da

construção do conhecimento na ciência ser humana e coletiva, abrangendo várias áreas do conhecimento e sofrendo influência social e cultural. A maioria dos alunos conseguiu relacionar o contexto sócio histórico apresentado na análise experimental da lei da conservação das massas, relacionando o momento que o cientista contestou a teoria do flogisto e identificando uma construção coletiva do conceito que passaria vigorar. A maioria dos alunos gostou da forma como a sequência didática foi apresentada com a História da Ciência aparecendo como fio condutor da atividade.

4.3.5 – Análise das respostas construídas de forma oral e coletivamente na atividade prático-experimental investigativa

Apresentaremos a seguir as respostas dos alunos para os questionamentos realizados durante a atividade prático-experimental investigativa. As respostas, posteriormente ao registro oral de cada grupo, foram registradas pelo pesquisador no quadro, a fim de realizar a discussão das questões com os grupos (com todos os alunos da turma) e, em seguida, foram anotadas em um diário de bordo. Iniciaremos nossa análise com as respectivas questões.

Questão 1. No caso do experimento que acabaram de realizar, era esperado que a massa se mantivesse a mesma, mas foi o que se observou? Quais são os fatores envolvidos no experimento realizado que pode ter influenciado no resultado?

Resposta do Grupo 03: “Se mantivesse a mesma. Esquecemos de tampar”.

Após o momento de socialização, foi indicada uma nova resposta para o questionamento, a saber:

Resposta da sala: “Vimos no filme que a lei só funciona em um sistema fechado. É necessário medir a tampa antes de pesar também, pois ela faz parte do sistema”.

Propõe-se que o grupo repetisse o experimento com a modificação procedimental proposta. Após a realização, foi medido novamente a massa e houve ainda diferença nos valores obtidos antes e após a reação. Diante disso foi feito o seguinte questionamento:

Quais os outros fatores que podem estar deixando o gás produzido pela efervescência da vitamina C escapar?

A partir do período de discussão sobre a questão os alunos chegaram a seguinte resposta:

Resposta da sala: “Essa garrafa que foi utilizada é de refrigerante. Quando esquecemos um refrigerante na geladeira durante muito tempo, o gás escapa mesmo com ele tampado”.

Diante das respostas obtidas e a que foi explicitada, pudemos perceber certas limitações, ou seja, os alunos atribuíam ao escape do gás como o único motivo para a diferença de massa obtida na atividade prático-experimental, além de não apresentarem, durante o diálogo, ideias claras sobre as possibilidades de se utilizar aparatos do próprio material escolar para que o sistema fosse melhor fechado, com a conexão com o gás que escapa do refrigerante, muitos desistiram de formular hipóteses. Esse fato exigiu uma maior discussão da lei da conservação das massas e os aspectos históricos de Lavoisier envolvidos nessa formulação anteriormente a proposição do novo questionamento.

Questão 02: Proponha um modo de realizar o experimento para que os fatores externos influenciem menos na obtenção dos resultados.

Resposta do Grupo 04:"Podemos utilizar o durex para tampar o lacre".

Com essa hipótese levantada por esses grupos, pode-se observar que os alunos levaram agora em consideração o aparato que a garrafa desenvolvia, construindo uma nova hipótese a partir da construção de ideias feita de forma coletiva da pergunta anterior. A hipótese levantada por esse grupo foi discutida com a sala e chegou-se ao seguinte questionamento:

Resposta da sala: "É necessário medir a massa do durex antes da reação acontecer".

A hipótese levantada pela sala foi considerada coerente pelo grupo, contudo não era possível dimensionar a massa do durex antes da reação, foi realizado depois, mas a balança que estava sendo utilizada era muito simples, não aferindo pequenos valores. Os alunos não conseguiram identificar a limitação da balança, observando as limitações das respostas dos alunos, propõe-se um novo questionamento:

O que pode estar interferindo no resultado?

Após a socialização, a sala indicou três respostas para este questionamento que foram adotadas no quadro:

Resposta da sala 1: "A lei da conservação das massas não explica tudo, é necessária uma nova revolução química".

Resposta da sala 2: "Não se pode questionar a balança, já que ela foi a principal causa do trabalho de Lavoisier ter dado certo".

Resposta da sala 3: "Quando Lavoisier fazia seus experimentos, o espaço era separado, aqui na sala pode estar interferindo coisas que não vemos".

Já era esperado limitação da verificação experimental da lei da conservação das massas no experimento proposto. Adaptar um sistema fechado para realizar uma reação química em um espaço como é a escola é algo que não é viável. Contudo, a abordagem experimental investigativa pode fornecer aos educandos a possibilidade de analisar a proposição da lei e o ambiente em que está sendo testada.

De um modo geral, as hipóteses produzidas a partir dos questionamentos propostos foram abaixo do esperado. Isso se deve ao fato do pouco costume que os educandos possuem com a abordagem experimental investigativa, mas pode-se observar principalmente no final dos questionamentos, uma conexão com os aspectos históricos envolvidos no uso da lei da conservação das massas.

Os dois momentos anteriores a essa atividade prático experimental investigativa, fez com que os alunos se sentissem mais próximos da construção do conhecimento científico, colocando fatos históricos da vida de Lavoisier para argumentar com os questionamentos que estavam sendo feitos.

Com relação a primeira resposta, pode-se observar que quando esse grupo de alunos propõe uma nova revolução a química, este argumento por mais inocente que possa parecer, mostra que esses estudantes não tem uma visão distorcida da química ser uma ciência linear e pronta, e coloca assim essa como uma construção coletiva em que estes se inserem nesse contexto com os argumentos proferidos (GIL PÉREZ *et.al.,* 2001).

A segunda resposta, pode-se observar uma total conexão dos aspectos históricos com a atividade prático-experimental. A balança era um fator a ser considerado como limitante, por ser muito simples. Contudo os alunos relacionaram a trajetória do cientista, com o fato desse ter sido bem sucedido pelo uso das balanças (MARTINS E PEREIRA MARTINS, 1993; FILGUEIRAS, 2015).

A última resposta elaborada pelos alunos nos permite perceber que esses conseguiram realizar conexões com os fatos históricos anteriormente mencionados, quando esses percebem através do que viram no filme exibido anteriormente que Lavoisier possuía um espaço para realizar seus experimentos, era meticuloso e metódico (MARTINS E PEREIRA MARTINS, 1993; FILGUEIRAS, 2015). Essas características detalhadas anteriormente demonstraram a limitação do espaço físico da sala de aula para a realização dos experimentos, fato esse que só foi possível pela exploração pedagógica do “erro”, que pode ser realizado em atividades como essas (BORGES, 2002; OLIVEIRA, 2010).

4.3.6 – Análise das hipóteses construídas na atividade prático-experimental investigativa

Uma das etapas mais importantes da abordagem investigativa é a proposição de uma situação problema (BORGES,2002; MUNFORD e LIMA, 2007). Devido a esse fato, iniciamos a atividade prático experimental investigativa com uma situação problema que relacionasse o cotidiano do aluno e que fosse ancorada na história da ciência que foi trabalhada, elaborou-se o seguinte questionamento: *Foi realizada a reação química e os alunos perceberam a perda de massa. Com isso, houve o seguinte questionamento: "Por que a lei não estava sendo cumprida no experimento?" "A lei está errada?".*

Os alunos elaboraram suas suposições/hipóteses para solucionar a situação elaborada. Em seguida, desenvolveu-se a atividade em duas etapas. Após a realização da atividade prático experimental investigativa, os alunos foram solicitados a apresentar as etapas que os ajudaram a confirmar e/ou rejeitar suas suposições/hipóteses iniciais. Podemos observar no Quadro 4.3.6, as respostas dos alunos.

Quadro 4.3.6: Comparativo das suposições realizadas pelos alunos

GRUPOS	**Suposições (ou "palpites", ou hipóteses) para explicar o questionamento inicial**	**Rejeitar suas suposições (ou "palpites", ou hipóteses)**	**Confirmar suas suposições (ou "palpites", ou hipóteses)**
01	A lei é errada, o flogisto é mais correto.	É necessário um sistema fechado, muitas vezes isso não é possível em sala de aula.	------
02	Usando uma balança, assim como foi usada por Lavoisier a lei estaria correta	As balanças usadas por ele já são ultrapassadas nos dias de hoje, a que foi usada está adequada.	Para que conferisse os resultados foi necessário uma balança e não foi possível desenvolver um sistema fechado.
03	A lei está certa. O experimento que está errado.	Vaza gás através do lacre da garrafa.	A garrafa não fez um sistema fechado que impedisse o gás de escapar.
04	Não sabemos	----	Conferindo o valor na balança e

			fechando o sistema.
05	A lei não está errada, a sala que não é um “laboratório” adequado.	-----	Além da observação é preciso um sistema fechado, o que é muito difícil de arrumar na sala.

Fonte: Elaboração da pesquisa

Observa-se que a resposta inicial do grupo 01, não estava coerente com o questionamento proposto, uma vez que o grupo não indicou a preocupação de elaborar sua resposta de acordo, na aula anterior foi exposto as limitações do flogisto e todas as questões levantadas por conta da calcinação dos metais; mas ainda percebeu-se que o grupo relacionou a atividade prático-experimental investigativa com o contexto histórico colocado anteriormente. A partir do desenvolvimento da atividade, os alunos entenderam o questionamento e relacionaram os princípios da lei da conservação das massas com a análise dos procedimentos realizados.

O grupo 02 cita que o resultado não foi coerente, do que esperava-se pelo fato de não ser usado a mesma balança de Lavoisier. Nesse momento os alunos relacionaram que a balança digital que foi utilizada não fazia o mesmo efeito que a balança de partos vista no filme. Mediante o desenvolvimento da atividade, eles confirmam a necessidade da balança e perceberam que a balança digital é mais adequada da que foi utilizada por Lavoisier e a questão da perda de massa estava mais relacionado com o “escape” de gás pelo lacre da garrafa.

Para o grupo 03 na suposição inicial, não relacionaram como um “erro” do cientista, mas do experimento em que os mesmos desenvolveram. Ao final da atividade eles confirmam que a questão da conferência da massa estava relacionada com o recipiente em que o experimento acontecia.

No grupo 04, os alunos não levantaram nenhuma suposição inicial, mesmo quando indagados pelo professor, não foram capazes de externar nenhum tipo de hipótese. Após o desenvolvimento da atividade em que os experimentos foram repetidos algumas vezes, o grupo relacionou com a medida numérica da balança e o sistema fechado da garrafa.

O grupo 05 fez referência à utilização da sala de aula como espaço para a experimentação, ressaltando vários fatores externos limitantes na conferência da medida da massa. Ao finalizar a atividade, os alunos confirmaram a possibilidade da

limitação presente ao se realizar o experimento em sala de aula, confirmando a garrafa como um sistema fechado falho devido ao rompimento do lacre.

Entendemos esta supressão da resposta, por parte dos alunos, como uma forma de encaixar sua resposta aos elementos contidos na fase da discussão da história da ciência de Lavoisier, já que se discutiu a utilização da balança e foi levado com uma ênfase muito grande o sistema fechado em uma reação química nas discussões realizadas anteriormente.

Percebemos, também, que os alunos não têm o hábito de elaborar hipóteses, pois na grande maioria dos registros foi possível identificar respostas vagas, simplificadas e sem o uso de argumentação, o que por vezes pode ter dificultado nossa análise.

Em geral os alunos não rejeitaram as suas suposições iniciais, e na maioria dos casos, os argumentos utilizados foram pautados em elementos discutidos anteriormente, quando foi usado elementos da história da ciência da lei da conservação das massas.

Devemos salientar que os alunos procuraram indicar na suposição inicial, os materiais e os termos utilizados durante a discussão da situação-problema no grande grupo, de modo a não considerar materiais diferentes dos mencionados, principalmente, pelo professor que implementou a atividade.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao findar esta pesquisa podemos concluir que a experimentação sempre esteve presente no cotidiano daqueles que se aventuraram em estudar e se dedicar aos caminhos da Química. A presença da experimentação nas aulas de Química é notória e um dos principais recursos utilizados pelo professor.

A experimentação já foi amplamente discutida por pesquisadores da área do ensino de ciências, sendo considerada uma estratégia que favorece o aprendizado, fonte de motivação, ponto de partida para atividades, estabelecedora de conexões entre o mundo cotidiano e o científico, forma de investigar, demonstrar, verificar e intervir em situações reais, enfim, seus objetivos são amplos e variados.

Mesmo sendo reconhecidamente uma boa estratégia de ensino e aprendizagem por professores e até mesmo pelos alunos, a experimentação não é a única e melhor maneira de ensinar ou a salvação para o Ensino de Química, antes de introduzir uma atividade prático-experimental é necessário que o professor planeje a intervenção e reflita se não há outras metodologias mais adequadas para ensinar determinado tema ou sequência de temas e se esse recurso é suficiente ou tem que ser aliado a outros.

Logo podemos concluir que a Química na Educação Básica pode estar atrelada a experimentação como um recurso de ensino, porém primeiramente deve-se avaliar se só a experimentação é o suficiente para determinado tema, e se não há outras metodologias mais adequadas para ensinar e levar em consideração a necessidade de mostrar aos alunos o ensino de química como uma construção coletiva e humana.

Ao construirmos o aporte teórico dessa pesquisa, fundamentamo-nos em uma relação entre o trabalho de Lavoisier como autor histórico da Química, ciência particular e o ensino de Química, discutimos o papel da experimentação de modo que esta foi vista como recurso com diferentes abordagens e necessidades em sala de aula e foi discutida também a História da Ciência e sua interface com o ensino de Química, a colocando como importante estratégia didática com o objetivo de elevar a criticidade e a humanização do ensino de Química, principalmente quando se ensina leis, como é no caso dessa pesquisa, a lei da conservação das massas.

Adiante, foi construída uma sequência didática que tinha como principal objetivo estabelecer uma convergência entre a Experimentação investigativa e a História da Ciência no ensino, a fim de que os aspectos envolvidos no ensino da lei da conservação das massas fossem contemplados pelos aspectos epistemológicos que envolvem essas duas áreas do Ensino de Química.

A utilização da História da Ciência na sequência didática se constituiu como um caminho possível para levar a sala de aula de nível básico discussões sobre a lei da conservação das massas. Entretanto, a inserção da História da Ciência não cumpriu o objetivo de levar motivação aos alunos, mas sim como um objetivo transformador capaz de trazer discussões com relação ao trabalho do cientista em questão, Antoine Lavoisier, de acordo com os princípios relativos a Natureza da Ciência. O objetivo não foi motivador tendo em vista que esse não foi capaz de envolver todos os participantes da pesquisa. Os alunos que não possuíam a empatia com a disciplina de História se mostraram resistentes à inserção da História da Ciência nessa sequência didática, como ficou evidenciado na fala desses durante a aplicação das atividades.

Quanto aos objetivos da sequência didática, esses se mostraram eficazes e com elementos que levaram motivação aos alunos. Entretanto, notou-se uma grande dificuldade dos estudantes nas discussões envolvendo o segundo momento da sequência didática. Na abordagem que consistia em demonstrar as relações entre a teoria do flogisto e a lei da conservação das massas, muitos consideravam uma ruptura entre esses dois pensamentos, tendo em vista a forma como estão postas as teorias científicas ao longo da Educação Básica. Esse momento seria melhor aproveitado se quando as teorias apresentadas para os alunos, essas não fossem colocadas de forma linear e sim como uma construção humana e coletiva, em que o progresso de uma teoria sempre depende da anterior.

A partir do desenvolvimento da proposta de atividade prático-experimental realizada, percebemos que os alunos se mostraram inicialmente interessados em realizar a atividade, indícios disso são suas manifestações diante: de uma atividade que não faz parte do seu cotidiano escolar; de uma atividade que possibilita a interação direta entre eles e o objeto a ser investigado.

A atividade foi muito válida para explorar a discussão em pequenos grupos e no grande grupo, assim como foi muito relevante para o trabalho dos alunos com o manuseio de um aparato experimental.

Cabe salientar, em relação ao roteiro da atividade que, devido a alguns imprevistos durante a atividade, algumas modificações se fizeram necessárias de modo a adaptar o roteiro para a capacidade do aluno na formulação de hipóteses. Foi aumentado o tempo de aula do primeiro momento e modificado a forma da leitura do texto do segundo momento. Esses imprevistos resumem-se, basicamente, na falta de costume que os alunos possuem de elaborar hipóteses, sendo muito acostumados com respostas prontas, o que fez com que utilizássemos um tempo maior do que o previsto

da aula, para discutir e assimilar exemplos que levam os alunos a diferenciá-los e assim dar continuidade a atividade.

Essas modificações não causam prejuízos, pelo contrário, se forem necessárias, deverão ser feitas, uma vez que um planejamento, assim como uma atividade didática, deve ser sempre uma versão preliminar, ou seja, o caráter flexível de um planejamento e de uma atividade é fundamental para que o professor possa desenvolver seu trabalho de modo a possibilitar que os alunos construam conhecimentos.

A análise de dados nos passou a impressão que a sequência didática foi ministrada em um tempo inferior ao necessário para a sua exposição. Porém, mesmo procurando não acrescentar tópicos ao conteúdo regular, percebemos uma necessidade de uma carga horária maior para que o professor tenha liberdade de se aprofundar nas discussões travadas em sala de aula.

Dessa forma, o pouco tempo de aula não permite muitas discussões sobre ciência, o que se apresenta como um empecilho à formação dos estudantes. Ademais, uma lista de conteúdos muito extensa, adotada pela escola em que a pesquisa foi realizada, se constitui um obstáculo na aplicação do produto. Cabe lembrar que o acúmulo de conteúdo não garante à aprendizagem, por isso é necessário repensar a forma de abordagem e o que se ensina nesse nível de escolaridade.

Apesar dos obstáculos previstos e não previstos, percebe-se que a sequência didática, ou elementos desta pesquisa geraram reflexão e discussão sobre o conteúdo. Além disso, a análise dos instrumentos usados para avaliar todo o processo evidenciou que, após a inserção do produto, os alunos reconheceram conceitos da lei da conservação das massas com elementos da História da Ciência, demonstrando uma visão menos ingênua da construção do conhecimento científico.

Mais uma vez, queremos destacar que a convergência da História da Ciência e a Experimentação investigativa é uma forma que pode ajudar a melhorar o ensino de Química, mas não suficiente para promover uma adequada aprendizagem das ideias científicas, pois os problemas educacionais são bem mais complexos.

Destaca-se que não foi a intenção do pesquisador, em momento algum, culpar os Professores de Química pela não inserção da História da Ciência e da Experimentação com o viés investigativa na Educação Básica. Diante de muitos problemas e múltiplas realidades vivenciadas por diversos professores, atitudes precisam ser tomadas para a melhoria de condições e realidade da sala de aula.

Quanto aos alunos, é preciso que estejam inseridos em um meio que, além de fornecer formação acadêmica, favoreça, de modo concomitante, a formação crítica para que eles se constituam cidadãos ativos capazes de propor soluções, questionamentos e caminhos para a sociedade. Dessa forma, a inserção de reflexões históricas em discussões da construção do conhecimento que se deu sobre a lei da conservação das massas desenvolvidas ao longo da história da ciência se mostrou, de fato, um caminho para trazer ao Ensino de Química no 9º ano de Ensino Fundamental, a construção do conhecimento científico de modo mais humanizado e próximo da realidade dos educandos.

Por fim, entendemos, que por meio desta pesquisa, que a História da Ciência aliada a Experimentação investigativa pode superar alguns obstáculos relativos à introdução da Química na Educação Básica, constituindo-se objeto capaz de promover discussões e reflexões em torno da Natureza da Ciência, o que contribuiria para a formação crítica do discente.

REFERENCIAIS

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Una introducción a la naturaleza de la ciencia:** La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. Como se daria a construção de áreas interface do saber? **Kairós,** v. 6, n. 1, p. 55–66, Jun. 2003.

_____. Centenário simão mathias: Documentos, métodos e identidade da história da ciência. **Circunscribere**, v. 4, p. 5–9, Jun. 2008.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo (Ed.). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Educ/ Livraria da Física/ Fapesp, 2004. p. 49–73.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. passagem da alquimia à química: uma história lenta e sem rufar de tambores. **ComCiência** – Revista eletrônica de jornalismo científico. Campinas, 2011. n.130.

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.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, R. (Org.). **Questões atuais no ensino de ciências.** São Paulo: Escrituras, 1998, p.53-60.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências – Unindo a pesquisa e a prática**. Thomson, 2004.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para a psicanálise do conhecimento. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto,1996. 316p.

BELL, M. S. **Lavoisier no Ano Um**: Nascimento de uma nova ciência numa era de revolução. Tradução Ivo Korytowsky. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

BELTRAN, M. H. R.. História da ciência e ensino: Algumas considerações sobre a construção de interfaces. In: FUJIWARA, Ricardo; WITTER, Geraldina Porto (Ed.). **Ensino de Ciências e Matemática - Análise de Problemas**. São Paulo: Ateliê Editoral, 2009. p. 179–208

BELTRAN, M. H. R.. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, v. 1, p. 71-82, 2013.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F. História da ciência, epistemologia e ensino: uma proposta para atualizar esse diálogo. In: MARTINS, I.; GIORDAN, M. (Ed.). **Atas do VIII ENPEC.** Campinas: ABRAPEC, 2012. Disponivel em http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1396-1.pdf, Acesso em 23 jan. 2018.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.13, p.291-313, 2002a.

BORGES, O.N.. Situações inesperadas no laboratório escolar. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 8, 2002, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia:SBF, 2002b. p.1-14

BRANDÃO, C.R.; STRECK, D. R. (Orgs). **Pesquisa participante: o saber da partilha.** 2ª ed. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2006.

BRASIL. **Lei da Diretrizes e Bases da Educação.** LDB. LEI 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: . Acessado em: 08 de mai. 2016.

CALLEGARIO, L. J.; HYGINO, C. B.; ALVES, V. L. O; LUNA, F. J.; LINHARES, M. P . A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**, 7(3), 977–991, 2015.

CALLEGARIO, L. J.; RODRIGUES JÚNIOR, E.; LUNA, F.J.; MALAQUIAS, I. As Imagens Científicas como Estratégia para a Integração da História da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. 17(3), 835–852. Dezembro, 2017

CARNEIRO, M. H. As imagens no livro didático. In **I Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências da ABRAPEC**. Águas de Lindoia, SP, 1997.

CARVALHO, A. M. P. e colaboradores. **Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico.** São Paulo: Scipione, 2005. 199p.

CARVALHO, A.M.P.; Metodologia da Pesquisa no ensino de Física: Uma proposta para estudar os processos de ensino e aprendizagem. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 8, 2010, . **Anais...** Águas de Lindóia:SBF, Disponível em: http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/programa/. Acesso em: 12 de jan. de 2018.

CHANG, H. How historical experiments can improve scientific knowledge and Science education: the cases of boiling water and electrochemistry. **Science & Education**, 20(3–4), 317–41, 2011.

CHELONI, F.; LEME, M.A.A.; PORTO, P.A. Concepções de licenciandos em Química da USP - São Paulo sobre a História da Ciência a partir de uma abordagem biográfica, trabalho ED-035 apresentado na **29ª Reunião Anual da SBQ**, Águas de Lindóia, 2006

COSTA, V.C.; URZEDO, A.P.F.M.; VIEIRA, F.T.; RIBEIRO, M.V.; ARAUJO, M.; CARVALHO, M.E.M.D.; SILVA, G.F. Lavoisier: novamente alvo de uma avaliação diagnóstica, trabalho HC-006 apresentado no **XIII Encontro Nacional de Ensino de Química**, UNICAMP, Campinas, 24 a 27 de julho de 2006.

DEMO, P. **Pesquisa participante: saber pensar e intervir juntos.** 2ª ed. Vol. 8. Brasília: Liber livro, 2008.

DUARTE, M. C. A História da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 317-331.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C.C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 3-21.

ESPINOZA, A. M. **Ciências na escola: novas perspectivas para formação dos alunos.** Tradução de Camila Bogéa. São Paulo/BR: Ática, 2010. ISBN 978.85.08.13360-4. [Obra Original: Las ciências naturales em el aula]

FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem contextualizada. **Química Nova na Escola,** São Paulo, v.32, n.2, p.101-106, 2010.

FILGUEIRAS, C. A. L. A Revolução Química de Lavoisier: uma verdadeira revolução? **Química Nova,** 1994. v.18, n.2, p.219 – 224.

_____**Lavoisier: o estabelecimento da Química moderna:** nada se cria, tudo se pesa. 2 ed. São Paulo: Odysseus Editora,2015.

FORATO, T. C. M.; **A natureza da Ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da História da Luz,** Tese de doutorado, USP, São Paulo, 2009.

FRANCO, M. A. S. Pesquisa-Ação e prática docente: articulações possíveis. In: PIMENTA, S.G.; FRANCO, M. A. S. (Orgs.) **Possibilidades investigativas/ Formativas da Pesquisa/ação.** São Paulo, edições Loyola, 2008.

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. **Atividades experimentais no ensino de física:** uma nova visão baseada

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

GATTI, S. R. T.; NARDI, R. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências.** 1. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2016. v. 1. 236p

GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química – Instituto de Química USP). MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro (coord.); GAIA, Anderson Melo; SOUZA, Fabio Luiz de; AKAHOSHI, Luciane Hiromi; SANTOS, Maria do Carmo de Almeida; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; SALES, Maria Gislaine Pinheiro; OLIVEIRA Jr., Milton Machado de; CARMO, Miriam Possar do; SUART, Rita de Cassia; MARTORANO, Simone Alves de Assis. **Atividades Experimentais de Química no Ensino Médio:** reflexões e propostas . São Paulo: SEE/CENP, 2009

GIBIN, G. B.; SOUZA FILHO, M. P. **Atividades experimentais investigativas em Física e Química:** uma abordagem para o Ensino Médio. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. v. 1. 132p.

GIL-PÉREZ, D.; CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J.; PEÑA A.V. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J.A.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 25-153, 2001.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química**. Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.2, p.219-238, 2006.

HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório. **Enseñanza de las ciências**, v. 12, n.3, p.299 -313, 1994.

_____. Redefining and reorienting practical work in school science**. School Science Review**, v. 73, p. 65-78, 1992.

JOLY, M. **Introdução à Análise da Imagem**. 11. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007.

KIRSCHNER. P. Epistemology or Pedagogy, that is the question. In: DUFFY, T. M.; TOBIAS, S. (Eds.) **Constructivism Instruction**: success or failure? New York: Routledge, 2009. cap. 8, p. 144-157

KASSEBOEHMER, A.C. **O método investigativo em aulas teóricas de química**: estudo das condições da formação do espírito científico. 2011. 180f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas.** 5.ed. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. Revisão: Alice Kyoto Miyashiro. São Paulo: Editora Perspectiva, 1988. 257p

LEAL, C.A.; QUIRINO, M.J.S.O.; ANJOS, M.B.; BRAZ DA SILVA, A.M.T.; RÔÇAS, G. O lúdico no atual ensino Normal no Rio de Janeiro: um estudo de caso sobre sua utilização em um instituto estadual. Revista Ciências e Ideias, vol 4, n.2 Jan/Dez, 2013.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007.

MARTINS, R. A.; PEREIRA MARTINS, L. Lavoisier e a conservação da massa. **Química Nova**, 1993. v. 16, n.3, p.245 – 256.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física,** v. 12, n. 3, p. 164–214, dez 1995.

MCCOMAS, W. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In C.C. Silva, & M. E. Prestes, (Orgs.), **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas** (pp. 425–448). São Carlos, SP: Tipografia Editora, 2013.

MORAES, R; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo construído de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v.12, n.1, p.117-128, 2006.

_____. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2011.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v.9, n. 2, p.191-211, 2003

MOURA, A. F.; LIMA, M. G. A reinvenção da roda: roda de conversa: um instrumento metodológico possível. **Revista Temas em Educação**, João Pessoa, v.23, n.1, p. 98-106, jan.-jun. 2014.

MUNFORD, D.; LIMA, M.E.C.C. Ensinar Ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências,** Belo Horizonte, v. 9, n. 1, 2007.

OLIVEIRA, J. R. S.– Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**. v.12, n.1, p. 139-156, Jan./Jun. 2010.

PEDUZZI, L.; Sobre a utilização didática da História da Ciência. In:PIETROCOLA, M. (Org). **Ensino de física:** conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integrada. 2.ed., Florianópolis, Ed. Da UFSC, pp. 151-170, 2001.

_____. Sobre continuidades e descontinuidades no conhecimento científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana. In: CELESTINO SILVA, C. (org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências.** Subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006, p.59-83.

PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. **The Science Teacher**, 28, 1961, p.20-31.

PEREIRA M.V. e MOREIRA, M.C. do A. Atividades prático experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.34, n.1, p.265-277, abr.2017

PRADO L. **Pressupostos epistemológicos e a experimentação no Ensino de Química**: o caso de Lavoisier. 2015. 233p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2015.

ROSSI, P**. O nascimento da ciência moderna na Europa**. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química. Compromisso com a cidadania**. Ijuí: Unijuí, 2010.

SBQ, Sociedade Brasileira de Química. **Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. 2008. Disponivel em http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/trabalhos.htm, Acesso em 23 jan. 2018.

SBQ, Sociedade Brasileira de Química. **Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química**. 2010. Disponivel em http://www.xveneq2010.com.br, Acesso em 23 jan. 2018.

SBQ, Sociedade Brasileira de Química. **Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**. 2012. Disponivel em http://www.eneq2012.qui.ufba.br, Acesso em 23 jan. 2018.

SBQ, Sociedade Brasileira de Química. **Anais do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química**. 2014. Disponivel em http://www.anaiseneq2014.ufop.br, Acesso em 23 jan. 2018.

SBQ, Sociedade Brasileira de Química. **Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química**. 2016. Disponivel em http:// www.eneq2016.ufsc.br, Acesso em 23 jan. 2018.

SCHNETZLER, R. P. Educação química no brasil: 25 anos de eneq - encontro nacional de ensino de química. In: ROSA, Maria Inês Petrucci; ROSSI, Adriana Vitorino (Ed.). **Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências.** Campinas: Átomo, 2008. p. 17–38.

SILVA, D. P. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química**: reflexões de um grupo de professores. 2011, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – área Ensino de Química) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011, Disponível em: http://www. teses.usp.br/teses/ disponiveis/81/ 81132/tde-01062012-135651/pt-br. php. Acesso em 09/12/2017

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L.H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M.P. **Atividades Experimentais Investigativas de no Ensino de Química**. São Paulo: SEESP/CENP, 2013.

SOUZA FILHO, M.P. **O erro em sala de aula**: subsídios para o ensino de eletromagnetismo. 2009. 230 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Bauru, 2009.

SPRONKEN-SMITH, R.; ANGELO, T.; MATTHEWS, H.; O'STEEN, B.; ROBERTSON, J. How Effective is Inquiry-Based Learning in Linking Teaching and Research? In: **An International Colloquium on International policies and Practices for Academic Enquiry**, Marwell, Winchester, UK, April, 19-21, 2007. Disponível em http://www.intellcontrol.com/ files/EBL/how%20effective%20is%20inquiry-based%20learning%20in%20 linking%20teaching%20and%20research.pdf. Acesso em 09/12/2018.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciência & Cognição**, 14 (1), 2009. p. 50-74.

_____ As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 8 (2), 2008ª.

_____. Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do Ensino Médio. Em: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14, Curitiba, 2008. **Resumos...** Curitiba, 2008b.

TORRE, S. **Aprender com os erros**: o erro como estratégia de mudança. Porto Alegra: Art Med, 2007. 240 p.

TOSI, L. A reedição dos "Essays de Jean Rey" em 1777: a reação de Lavoisier **Química Nova**, 1994. v. 17, n. 3, p. 253 – 257.

VIDAL, P. H. O. ; CHELONI, F. ; PORTO, P. A. . O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na Escola**, v. 26, p. 29-32, 2007.

VIDEIRA, A. A. P. Historiografia e História da Ciência. Escritos. **Revista do Centro de Pesquisa da Casa de Rui Barbosa**. Ano 1. n. 1. 2007.

VIEIRA, S. **Como elaborar questionários**. São Paulo: Editora Atlas, 2009

WESENDONK, Fernanda S. **O uso da experimentação como recurso didático no desenvolvimento do trabalho de professores de Física do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, São Paulo, 2015.

ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. (Ed.). **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Ijuí: Unijuí, 2007.

APÊNDICE A

Ministério da Educação

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP IFRJ

Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

(de acordo com as Normas da Resolução CNS nº 466/12).

Senhor Responsável, o aluno está sendo convidado para participar da Pesquisa Lei de Conservação de massas em uma abordagem histórica e prático-experimental. O aluno foi selecionado para participar da aplicação da sequência didática e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento ele pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o (a) pesquisador (a) e nem com qualquer setor desta Instituição. O objetivo deste estudo é investigar as convergências possíveis entre a - Os riscos relacionados com a sua participação nesta pesquisa são os riscos associados a presente pesquisa referem-se aos riscos de qualquer atividade didática, incluindo aquelas da prática cotidiana do professor e da aula ministrada As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação. Sua colaboração é importante para validar essa sequência didática. Os dados serão divulgados de forma a não possibilitar a identificação do aluno. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos. Você tem direito de conhecer e acompanhar os resultados dessa pesquisa. Participar desta pesquisa não implicará nenhum custo para você, e, como voluntário, você também não receberá qualquer valor em dinheiro como compensação pela participação. Você será ressarcido de qualquer custo que tiver relativo à pesquisa e será indenizado por danos eventuais decorrentes da sua participação na pesquisa. Você receberá uma via deste termo com o e-mail de contato dos pesquisadores que participarão da pesquisa e do Comitê de Ética em Pesquisa que a aprovou, para maiores esclarecimentos

. _____

Assinatura do pesquisador

Instituição IFRJ

Nome do pesquisador: Lucas Peres Guimarães

Tel: (24) 33474297

E-mail: lucaspegui@hotmail.com

CEP Responsável pela pesquisa - CEP IFRJ Rua Pereira de Almeida, 88 - Praça da Bandeira - Rio de Janeiro - RJ CEP: 20260-100 Tel: (21) 3293 6026

E-mail: cep@ifrj.edu.br

Declaro que entendi os objetivos, os riscos e os benefícios da pesquisa, e os meus direitos como participante da pesquisa e concordo em participar.

_____

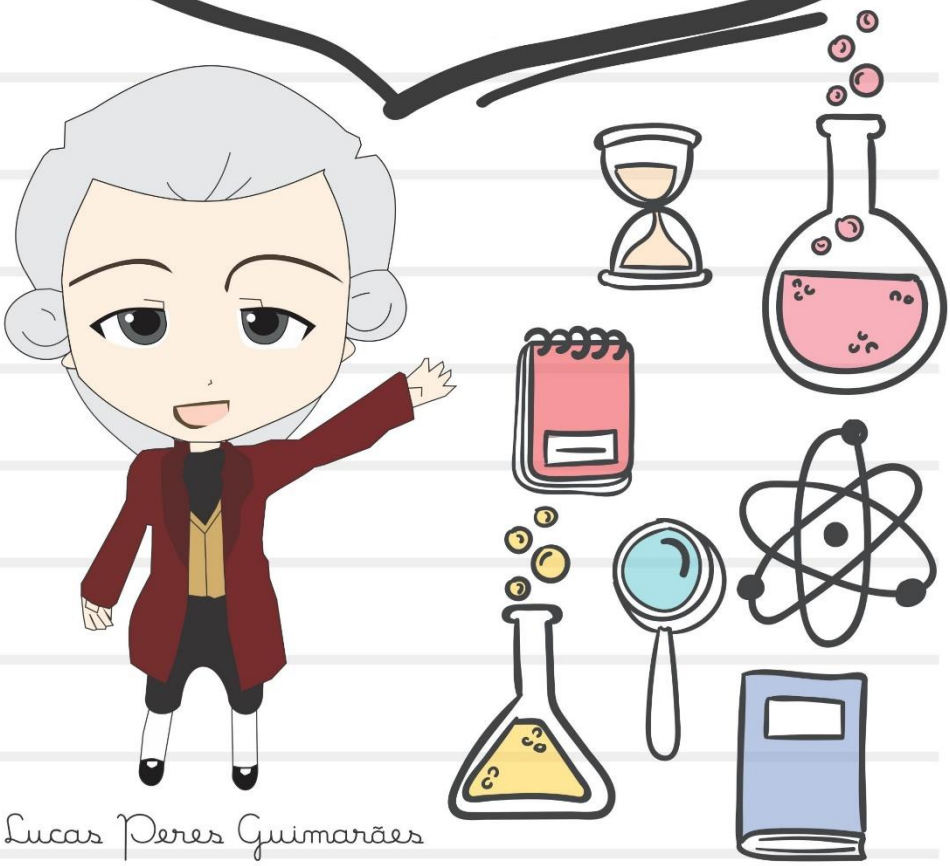
Nome do Participante da pesquisa

_____

(assinatura do Responsavel legal)

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

Lavoisier na sala de aula: Uma sequência didática envolvendo o cientista e a experimentação investigativa.



Lucas Peres Guimarães

Orientadora: Denise Leal de Castro

Sumário

PREFÁCIO **120**

POR QUE UTILIZAR ESSA SEQUÊNCIA DIDÁTICA? **122**

A EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE QUÍMICA **123**

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO **127**

LAVOISIER E O ENSINO DE QUÍMICA **128**

1º MOMENTO **130**

LAVOISIER: MUITO ALÉM DO LABORATÓRIO **130**

2º MOMENTO **134**

LAVOISIER E A LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS **134**

TEXTO: LAVOISIER E O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS **136**

3º MOMENTO **139**

TRABALHANDO A LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS EXPERIMENTALMENTE **139**

TEXTO 01 ..... **147**

LAVOISIER: MUITO ALÉM DE UM LABORATÓRIO **147**

TEXTO 02 ..... **133**

OS CHARLATÃES MODERNOS **133**

TEXTO 03 ..... **150**

NOTA COMPLEMENTAR À CARTA DE MARAT **150**

PREFÁCIO

O material que se segue é fruto das reflexões e experiências do autor/professor em relação a experimentação como recurso metodológico para o ensino de química. Em sua vivência docente, em diversos momentos, se deparou com a necessidade de ir além daquela rotina das aulas experimentais, onde o aluno recebe um roteiro no qual todos os passos do processo da experimentação já estão descritos, e um “resultado correto” é esperado.

Procurando dinamizar suas aulas, o autor buscou na História da Química a fonte de inspiração para desenvolver este material, deste modo a vida de Antoine Lavoisier, como ser humano e cientista, em um contexto histórico e social, serve de pano de fundo para o entendimento da Lei da Conservação das Massas.

Este material vai além, e ainda tem a ambição de fazer o aluno se tornar o protagonista do seu aprendizado, a partir do momento em que ele (aluno) é levado a criar estratégias e levantar hipóteses para explicar o experimento que está sendo realizado.

Desta forma este material apresenta inicialmente um texto onde se explica o porquê de se trabalhar através de uma sequência didática. Segue relacionando a experimentação ao ensino de Química, inserindo a História de Filosofia da Ciência como forma de demonstrar ao aluno que o conhecimento científico não é descoberto de uma forma mágica, por pessoas que possuem dons especiais, os “gênios”.

Em seguida são apresentadas as etapas do desenvolvimento da sequência didática em três aulas. Na primeira aula, é discutida a imagem de Lavoisier, apresentando-o dentro de um contexto histórico, político e social, e com demandas além do laboratório.

Na segunda aula, é apresentada a relação da Lei da Conservação das Massas com a prática de Lavoisier como cientista, e analisada a construção do conhecimento científico pela mudança de pensamento, na forma de fazer e pensar a Química.

Na terceira aula, é proposta uma atividade prático-experimental envolvendo o entendimento da Lei da Conservação das Massas, que não sejam apenas uma mera verificação lei.

Para facilitar a realização dos experimentos, evitou-se maior sofisticação técnica, são realizados com materiais alternativos, de modo que o aluno possa perceber o fenômeno químico com facilidade e fazendo parte de atividades do cotidiano das pessoas em geral. Entendemos que o valor didático de um experimento químico, não depende necessariamente de seu grau de sofisticação técnica ou experimental.

Ao final dos experimentos, são propostas questões com o objetivo de estimular a correlação de fatos observados e conduzir à expressão oral dos fenômenos químicos observados, em linguagem adequada ao grau de desenvolvimento do aluno. Esta correlação deve ser mediada pelo professor após a realização do experimento.

Ao final do material, são ainda apresentados três textos de apoio ao professor, que podem ser usados durante as sequências didáticas ou como leitura complementar para os alunos e/ou para o professor.

É esperado que este material sirva de apoio e inspiração para professores de Ciências e Química, que atuam na Educação Básica e que anseiam por materiais paradidáticos que possuam uma linguagem clara, roteiros simples, utilizando materiais acessíveis, e que mesmo assim levem seus alunos ao protagonismo da construção do conhecimento químico, incentivando a observação, reflexão e proposição de hipóteses à respeito da Lei da Conservação das Massas.

Professora Denise Leal de Castro

POR QUE UTILIZAR ESSA SEQUÊNCIA DIDÁTICA?

A abordagem dessa estratégia, para ser utilizada em sala de aula, começou a se delinear da análise de alguns pontos do artigo de Pérez et al (2001) denominado *Para uma imagem não deformada do trabalho científico*. Os autores desse artigo nos fornecem uma visão geral de como o ensino de ciências leva aos educandos a imagem do trabalho científico.

Eles afirmam ainda que as concepções dos estudantes e dos futuros docentes não se afastam de uma imagem popular da ciência associada a um método científico único, ratificando que as limitações de uma educação científica centrada na mera transmissão de conhecimentos deram origens a concepções epistemológicas inadequadas.

Ainda segundo os autores, foi possível determinar algumas imagens deformadas do trabalho científico dentre as mencionadas, e essa obra se preocupará em produzir uma sequência didática que minimize a imagem aproblemática e ahistórica.

A visão do trabalho científico é caracterizada pelos autores como sendo dogmática e fechada, propagada quando os conhecimentos científicos já elaborados são transpostos para os educandos sem mostrar os problemas que lhe deram origem.

Portanto, a importância de se desenvolver um trabalho histórico da biografia de Lavoisier se justifica quando são analisados livros didáticos e então se percebem escassos dados biográficos. A maioria desses livros apresenta a Lei da Conservação das Massas como a única contribuição do químico francês, e além disso informa de maneira equivocada que esse postulado foi descoberto por ele (VIDAL; CHELONI; PORTO, 2007).

É muito comum os professores realizarem experimentos tão tradicionais e conhecidos para comprovar a Lei da Conservação das Massas. No entanto, a História e a Filosofia da Ciência criticam duramente a ideia de que, por meio de um simples experimento científico, pode-se provar ou refutar uma teoria científica.

Galiazzi e Gonçalves (2004) conseguem sintetizar o que se tem discutido até aqui quando afirmam que “alunos e professores têm teorias epistemológicas arraigadas que necessitam ser problematizadas, pois, de maneira geral, são simplistas, cunhadas em uma visão de Ciência neutra, objetiva, progressista e empirista”. Além disso, esses autores também criticam a ideia da experimentação para comprovação de teoria e para a motivação de alunos, evidenciando a necessidade de convergir a experimentação através de uma problematização originária da História e Filosofia da Ciência.

A EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE QUÍMICA

Os experimentos no ensino de Química são aulas práticas educativas em geral vistas com bons olhos pelos docentes e, sobretudo, pelos alunos. Contudo, Souza *e cols.* (2013*)* nos alertam para o fato de que apreciar a experimentação é algo bem diferente de utilizá-la ou compreendê-la perfeitamente. Dessa forma os autores nos levam às seguintes questões: “Qual o papel didático da experimentação?”; “De que maneira ela contribui para a aprendizagem em Química?”. Quase sempre, as respostas para as questões enunciadas acima apresentam respostas simplistas ou parciais, tais como “Devemos usar a experimentação porque a Química é uma ciência experimental”; “Devemos fazer experimentos para cativar os alunos”; e ainda “As experiências ajudam a mostrar a teoria e a prática”. Os autores ainda afirmam que, na perspectiva das respostas anunciadas, estas não são satisfatórias porque são simplistas e incompletas.

Ainda segundo Souza *e cols.* (2013), se olhar a Química com atenção, é possível perceber que ela “evolui a partir da realidade dos fenômenos observados, sejam eles naturais ou provocados pelo homem, mas também evolui a partir da criatividade e razão humana”. Por isso, a afirmação de que a Química constrói seu conhecimento por meio da experimentação é uma declaração um tanto quanto reducionista dessa ciência. A História e Filosofia da Ciência critica duramente a ideia de que, por meio de um simples experimento científico, pode-se provar ou refutar uma teoria científica, e essa concepção de que a evolução científica ocorre por meio de experimentos cruciais realizados por poucos cientistas brilhantes, é que determinam a criação de leis e das teorias

científicas vigentes (GIL PÉREZ *e cols,* 2001). Então, é possível afirmar que a ciência evolui por um processo que não é linear e acumulativo de reflexões.

Existem no meio científico muitos embates e debates de pesquisadores e grupos de pesquisadores, alguns hoje reconhecidos e outros que, no decorrer da história, se tornaram quase anônimos, sempre com uma pesquisa pautada em aspectos teóricos e fenomenológicos e possuidores de diferentes crenças, conhecimentos e propósitos.

Podem-se considerar nesse trabalho as atividades prático-experimentais como montagens, dispositivos e aparatos que se referem a determinados fenômenos ou processos expostos em uma situação física e que são acompanhados de procedimentos qualitativos e/ou quantitativos, formando assim um conjunto de ações que embasam uma atividade prático-experimental com o fim pedagógico, que pode ser associada com algumas possibilidades, dentre elas, é possível citar:

1. problematização e questionamentos de uma situação física, sobre alguns de seus principais aspectos e sobre o que os alunos já sabiam anteriormente à atividade a ser realizada;

2. identificação e/ou controle de variáveis relevantes da situação apresentada e procurar sempre estabelecer relações entre essas variáveis;

3. estudo dessa situação de maneira aprofundada, buscando o conhecimento sistematizado sobre o que foi exposto, ou ainda, buscar a construção de conhecimentos sobre essa situação, levando-a como uma situação mediadora entre teorias e leis dos diversos conceitos científicos e a realidade que os cerca;

4. resolução de problemas associados à situação física exposta (WESENDONK, 2015).

Quando se depara e reflete sobre os objetivos de utilização de atividades prático-experimentais em sala de aula, estes podem ser sempre associados a alguns aspectos que são característicos do conhecimento de uma área científica, tais como:

1. aspectos conceituais (os alunos aprendem os elementos de ciências em uma área científica específica - Química, Física ou Biologia);

2. aspectos epistemológicos (aprendem elementos sobre como a ciência em uma dada área científica específica é/foi construída e se desenvolve);

3. aspectos metodológicos (aprendem elementos sobre como fazer ciências em uma dada área científica específica). (Adaptado de HODSON, 1994).

Cabe ressaltar que os três aspectos discutidos acima são igualmente importantes e necessários dentro da realização de uma atividade prático-experimental. Assim, quando o professor planeja uma atividade relacionada ao que se está discutindo aqui, este deve planejar e conduzir de tal forma que os educandos venham a atingir os objetivos associados a cada um desses aspectos.

Contudo, atingi-los, simultaneamente e com equidade, em uma atividade prático-experimental, nem sempre vai ser possível; mas não se deve produzir esse tipo de atividade considerando apenas o desenvolvimento dos aspectos conceituais no aluno, como rotineiramente se observam nas escolas de educação básica. Em outras palavras, sugere-se que o docente utilize esse recurso didático de forma mais ampla, abrindo esse momento de aula para diversas possibilidades e não apenas como um meio de auxiliar os alunos a aprenderem o elemento do campo conceitual em estudo.

As atividades prático-experimentais podem ser utilizadas com diferentes objetivos, e fornecer variadas contribuições para o ensino e para a aprendizagem de ciências. Oliveira (2010) lista algumas dessas contribuições, sendo elas para:

- motivar e despertar a atenção dos alunos;
- desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo;
- desenvolver a iniciativa pessoal e a tomada de decisão;
- estimular a criatividade;
- aprimorar a capacidade de observação e registro de informações;
- aprender a analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos;
- entender conceitos científicos;

- detectar e corrigir erros conceituais dos alunos;
- compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação.

Assim, nesse trabalho, optou-se por uma metodologia de abordagem prático- experimental centrada em atividades investigativas (BORGES, 2002; GIBIN e SOUZA FILHO, 2016). Esse tipo de abordagem pode superar a visão de muitos alunos que entendem que as aulas experimentais servem para o seu vislumbre ou para a comprovação de uma teoria, quando na verdade a teoria é que interpreta o experimento (CASTRO e GUIMARÃES, 2017).

Serão evidenciados alguns problemas vinculados à aplicação das ideias do laboratório tradicional, principalmente no que diz respeito à reprodução de leis através de experimentos, tendo em vista que estão muitas vezes relacionadas a uma imagem equivocada de ciência. Assim, sugere-se a opção pela adoção de uma proposta prático-experimental investigativa, pelo fato de o estudante assumir um papel ativo na realização da atividade. Esse tipo de abordagem tem como principal objetivo o percurso que o aluno desenvolve no decorrer da atividade e não o encontro de um resultado pré-determinado, abrindo assim possibilidades para um trabalho diferenciado do professor mediador.

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

Esse trabalho defende a ideia de que, o ensino das ciências escolares não deve servir apenas para se desenvolver uma capacidade de responder questionários fechados sobre conteúdos que não se conseguem relacionar com o seu cotidiano. É necessário envolver os estudantes na construção de uma cultura científica, fazendo com que se fundamente no que a ciência efetivamente produz, quais são os seus objetos de estudo, como aconteceu o desenvolvimento científico no decorrer da história e como esses se relacionam com as esferas sociais, econômicas e políticas (ALVIM e ZANOTELLO 2014).

A História da Ciência possui um potencial pedagógico extremamente favorável para a sua aplicação em sala de aula. A inserção no ensino permite a construção de diversas estratégias didáticas diferentes que podem auxiliar no processo de ensino e aprendizagem das ciências.

Uma estratégia didática que apresente, como um fio condutor, a História da Ciência pode funcionar como uma saída viável para a constante desmotivação encontrada nas aulas de ciências. Desde a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais em nosso país, vários programas relacionados à educação científica tentam elaborar saídas para a renovação necessária no ensino de ciências. Nesse sentido, estratégias didáticas que envolvam História da Ciência podem ser importantes na busca de mecanismos que possam tornar o ensino de ciências mais dinâmico e atraente aos estudantes.

McComas (2013) aponta que alguns tipos de abordagens históricas mais utilizadas na educação científica nos últimos anos são o uso de fontes primárias, narrativas históricas, biografias, dramatização, livros ou trechos históricos presentes no livro didático e a reprodução de experimentos históricos.

LAVOISIER E O ENSINO DE QUÍMICA

O início da Química Moderna, conhecida como disciplina escolar e ciência atualmente, foi atribuída a Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). Existem muitos autores (MARTINS e PEREIRA MARTINS, 1993; TOSI, 1989; FILGUEIRAS, 1994) que refletiram sobre o “pai da Química Moderna”. Segundo estes, os motivos desta alcunha são devidos à meticulosidade deste estudioso na quantificação de suas pesquisas: o princípio da conservação das massas como método para se “fazer” a química e, principalmente, uma supervalorização de seu nome e seus métodos após a sua morte trágica pelos tribunais da Revolução Francesa (FILGUEIRAS, 2015).

Por esses fatos mencionados, atribuir a um único indivíduo específico a responsabilidade de uma “paternidade” é desconsiderar todo caráter histórico e social desta ciência, permitindo que o leitor a perceba como algo realizado por um indivíduo especial, descolado de seu contexto sócio histórico (GIL PÉREZ e cols, 2001). Isto, segundo Gil Pérez (2001), reforça o caráter linear, cumulativo e atemporal, muitas vezes atribuído ao processo de produção do conhecimento científico, não refletindo à realidade deste processo.

Embora Lavoisier tenha um importante papel no desenvolvimento da Química Moderna, o processo de construção do conhecimento desta ciência se caracteriza como uma atividade coletiva e humana, cujo trabalho de pesquisadores anteriores e contemporâneos possui influência significativa nas pesquisas que se atribuem a apenas um indivíduo.

Uma estratégia didática sobre Lavoisier é muito importante, pois, segundo Costa e colaboradores (2006), a maioria dos estudantes dos períodos iniciais do curso de Química da UFMG tem pouco conhecimento sobre Lavoisier e sua importância para a Química. Cheloni, Leme e Porto (2006) observaram que os alunos do Instituto de Química da USP também não têm informações e conhecimentos esperados para estudantes de Química, reforçando a ideia destacada como sendo a reprodução de uma imagem deformada no ensino de Química. Segundo Filgueiras, (1994; 2015), Lavoisier não foi um descobridor de novas substâncias, muito menos fundamentou leis. Ele foi um grande sistematizador e quantificador da Química.

A grande questão que esse trabalho analisará no recorte biográfico de Lavoisier são suas contribuições com relação à Lei da Conservação das Massas. Muitos livros didáticos, e os professores de um modo geral, passam uma imagem equivocada do cientista. A abordagem histórica que esse trabalho propõe se pautará então em analisar como Lavoisier se comportava em seus experimentos (VIDAL; CHELONI; PORTO, 2007).

1º MOMENTO

LAVOISIER: MUITO ALÉM DO LABORATÓRIO

OBJETIVO: Discutir a imagem de Lavoisier, apresentando-o dentro de um contexto e com demandas além do laboratório.

JUSTIFICATIVA: Ainda hoje persiste a imagem do cientista totalmente fora de um contexto histórico e que seus únicos problemas eram resolver questões relativas a sua pesquisa em laboratório, não possuindo outros anseios inerentes a outras áreas da vida. Muitas vezes percebe-se que Lavoisier é reduzido a uma frase: “Na natureza nada se perde, nada se perde, tudo se transforma”. Acredita-se que mostrar ao aluno as dificuldades, o percurso percorrido e problemas enfrentados poderá aproximá-lo do conhecimento proposto.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do 9º ano do ensino fundamental, podendo ser também aplicada para o 1º ano do ensino médio.

TEMPO ESTIMADO: 120 minutos.

DESENVOLVIMENTO:

No primeiro momento de aula, propõe-se uma roda de conversa em que terá como questões norteadoras:

O que significa para você a frase: “Em todas as operações da arte e da natureza nada é criado; existe uma quantidade igual de matéria antes e depois do experimento”?

Como você descreveria o cientista que enunciou essa frase?

Sugere-se que os alunos estejam livres para responder à sua maneira e que o professor esteja anotando no quadro uma palavra que sintetiza a participação de cada um deles.

Após a primeira impressão e participação dos alunos, para ilustrar o contexto histórico, será utilizado um trecho (19 minutos e 21 segundos) do vídeo *E = MC²: a grande ideia de Einstein*, baseado no livro *E = MC²: uma biografia da*

equação que mudou o mundo e o que ela significa (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=kGQbpYQh0NE). A exibição do vídeo será usada apenas para suscitar discussões com relação ao contexto histórico em que Lavoisier desenvolveu seu trabalho. A utilização do filme permitirá ao aluno reconhecer o ambiente em que o cientista viveu no que diz respeito ao vestiário, ao mobiliário do laboratório usado por Lavoisier e à arquitetura de Paris na época.

O roteiro desse trecho do filme é bastante romanceado, por exemplo, em uma de suas falas, o narrador apresenta Lavoisier como: “Ele (cientista) está inventando um novo tipo de Química”. Esse destaque e outros podem levar a uma visão errada da ciência no que remete à construção do conhecimento, além de sobrevalorizar a figura do cientista. Por conta disso, sugere-se pausar o trecho exibido em 14 minutos e 40 segundos para aproveitar essas falas e discutir com os alunos a imagem do cientista.

Após essa discussão, propõe-se que o professor utilize um texto fictício: “Os Charlatães modernos” (anexo) sobre um panfleto incendiário que denigriu a imagem de Lavoisier. O texto pode ser lido por um aluno ou pelo próprio professor a fim de tornar o momento mais dinâmico e interativo. Esse momento tem como principal objetivo situar Lavoisier no contexto da Revolução Francesa. (Consta anexo um segundo texto que fornecerá apoio ao professor para a discussão do contexto histórico vivenciado pelo cientista).

No momento final, sugere-se trabalhar com a seguinte imagem e trecho de um livro para os alunos:

Em 1778, o pintor David entregou um retrato de corpo inteiro de Lavoisier e sua esposa. O casal foi retratado com Marie-Anne repousando suavemente sobre os ombros do marido, em uma pose doméstica familiar, mas seu braço direito está mais vigorosamente estendido até a mesa, reforçando a mão de Lavoisier, que segura a pena (BELL, 2007).

Fonte: BELL (2007)

Diante do que foi visto até aqui, como descreveria a relação entre Marie-Anne e Antoine? Faça uma análise da imagem, do trecho do livro e das discussões feitas até aqui, abrangendo o máximo de aspectos (profissional, social e do seu desenvolvimento científico) em sua resposta.

AVALIAÇÃO: Participação na aula, leitura e análise da imagem com descrição das respostas.

TEXTO 01

OS CHARLATÃES MODERNOS

Vivemos grandes tempos. Vivemos e fazemos a história. Tempos de liberdade, igualdade e fraternidade. Estamos inaugurando uma nova época, uma República. Acabou a era da opressão e do serviço a um rei. Apesar disso, a opressão contra aqueles que detêm o verdadeiro poder, o povo, continua. Precisamos acabar com todo foco que lembre uma monarquia repressora, corrupta e que tente tirar do povo a chance de seu futuro. É essencial acabar com todos os rastros dessa opressão em nossa sociedade. Sob o regime monárquico, a elitista Academia das Ciências sempre abusava de seus créditos, e frequentemente de sua autoridade para abafar as descobertas salientes que lhe fizessem sombra, para perseguir suas autoridades.

O bem que eles fazem é praticamente nulo, o mal que fazem é extremo; regulá-los é coisa impossível, seria preciso aniquilá-los. Denuncio-lhes o corifeu dos charlatães, o senhor Lavoisier, filho de uma sovina, aprendiz de químico, aluno do agiota genebrino, Fermier General, diretor da Pólvora e do Salitre, administrador da Caixa de Descontos, secretário do Rei, membro da Academia das Ciências, administrador infiel da subsistência e o maior intrigante do século.

Sim, Lavosier, um charlatão, um químico aprendiz, que se proclama como pai de uma grande revolução. Como não tem nenhuma ideia própria, baseia-se, por completo, nas de outros. Ele, coletor de impostos chefe, banqueiro explorador, um lordezinho com uma renda anual de 40.000 libras, é um represente do velho, da opressão e que impede o desenvolvimento da verdadeira mola deste país: o povo. Lavosier é um legítimo inimigo da República.

Assim, quisera que ele tivesse sido pendurado em um poste de luz durante a noite, porque a República não precisa desse cientista e sim de total liberdade para o seu povo. Morte aos inimigos do povo! Morte aos inimigos da República!

Jean-Paul MARAT

2º MOMENTO

LAVOISIER E A LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS

OBJETIVO: Discutir a relação da Lei da Conservação das Massas com a prática de Lavoisier como cientista e analisar a construção do conhecimento científico pela mudança de pensamento na forma de fazer e pensar a Química.

JUSTIFICATIVA: Comumente foi observado nos livros didáticos e na fala de professores que Lavoisier inventou e fundamentou experimentalmente a Lei da Conservação das Massas. Nessa aula, os alunos analisarão um texto que tem como principal objetivo informar a relação de Lavoisier com o princípio de conservação das massas que norteava o seu trabalho experimental.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do 9º ano do ensino fundamental, podendo ser também aplicada para o 1º ano do ensino médio.

TEMPO ESTIMADO: 1 aula de 50 minutos.

DESENVOLVIMENTO:

O texto é distribuído e se inicia a leitura com os alunos. Sugere-se uma primeira leitura individual e a segunda, em grupo, todas feitas com resumos que podem ser elaborados de forma oral ou escrita.

O professor ouve os alunos sobre suas impressões e faz comentários sobre o texto e as mediações sobre possíveis conflitos de opiniões. Nesse momento, o professor evidencia a mudança na forma de se pensar a Química e enfatiza Lavoisier como um cientista metódico não de descobertas.

Após o trabalho com o texto, os alunos assistirão a um vídeo experimental (disponível em: https://youtu.be/Vfi8xvKIoM0) muito utilizado para exemplificar essa lei: a queima do papel e da palha de aço. Esse vídeo foi gravado pelo próprio autor no Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, no dia 27 de fevereiro de 2018 utilizando uma balança semi analítica da marca Marte.

Pedir para os alunos, pós a leitura do texto, propor uma explicação escrita do experimento do vídeo seguindo a Lei da Conservação das Massas e do flogisto.

AVALIAÇÃO: Participação dos alunos na leitura e nas aulas, resumos produzidos e explicação para o experimento produzido a partir das duas teorias expostas.

TEXTO 02: LAVOISIER E O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS

A Lei da Conservação das Massas de um sistema isolado é um dos princípios fundamentais da Química e da Física. Muitos acreditam que Lavoisier foi o cientista que descobriu essa lei e, por esse motivo, o consideram o “pai da Química Moderna”.

Lavoisier não foi nem o primeiro a afirmar esse princípio, nem quem o fundamentou experimentalmente. Da Antiguidade até a época de Lavoisier, vários autores alternadamente afirmaram ou negaram que a massa dos corpos fosse constante. Um pouco antes de Lavoisier, Immanuel Kant reafirmava como princípio filosófico a conservação do “peso” da matéria.

A Lei da Conservação das Massas é algo que pode ser testado experimentalmente, mas isso não havia sido realizado, pois, quando verificado, descobriria que a massa final é maior que a massa inicial. Ela não podia ser estabelecida de forma adequada e fundamentada experimentalmente antes do conhecimento do papel dos gases (principalmente do oxigênio) nas reações químicas, bem como do uso de recipientes fechados e de métodos quantitativos cuidadosos. Todas essas condições apenas se tornaram presentes na época de Lavoisier, por isso atribui-se a autoria dessa lei. No entanto, deve-se dizer mais corretamente que ele pressupõe em seus trabalhos a validade desta.

Deve-se esperar encontrar em suas obras, principalmente no Tratado Elementar da Química, uma clara exposição e justificativa experimental deste princípio de conservação das massas nas reações químicas. No entanto, é em vão que se examina cada umas dessas páginas em busca dessa exposição. Ela não existe. Isso não quer dizer que a ideia de conservação das massas não aparece no livro, mas aparece de forma casual, em um ponto ou outro, como algo bem sabido e que não precisava ser discutido em detalhe.

Lavoisier simplesmente a usa desde os seus primeiros trabalhos publicados. Portanto, ou imaginava que alguma outra pessoa já havia testado e fundamentado essa lei, antes dele, ou então pensava que essa lei não precisava ser testada.

O princípio da conservação das massas era utilizado por ele como um método que fundamentou toda a Química mais tarde. É preciso lembrar que, naquela época, Lavoisier pensava como quase todos, que o fogo era um tipo de matéria, o que era denominado de Teoria do Flogisto. A insistência de Lavoisier no uso de balanças sensibilíssimas e em medidas quantitativas rigorosas acabou por levá-lo à conclusão de que a teoria do flogisto estava equivocada.

Ao descrever reações químicas por meio do sistema atual de equações, usando-se os conceitos de George Stahl (flogisto) e de Lavoisier (oxigênio), pode-se observar a diferença conceitual entre as duas teorias:

Stahl: metal $\longrightarrow$ cal + flogisto (metal = composto)

Lavoisier: metal + oxigênio $\longrightarrow$ cal (metal = elemento)

Stahl: ar inflamável $\longrightarrow$ água + flogisto (ar inflamável = composto)

Lavoisier: hidrogênio + oxigênio $\longrightarrow$ água (hidrogênio = elemento)

Para exemplificar o que foi visto acima, serão detalhados agora os trabalhos de Lavoisier com o oxigênio, até que se determinasse esse componente do ar como essencial para a combustão. Cabe ressaltar que o cientista não foi o primeiro a isolar o oxigênio: Joseph Priestley e Carl Schele já haviam isolado esse gás antes, contudo a aplicabilidade que Lavoisier trouxe a esse gás foi única e determinante para que sua execução do princípio da conservação de massa substituísse a Teoria do Flogisto.

Lavoisier voltou a ter a atenção no problema da combustão. Conduziu um experimento que aqueceu chumbo em um recipiente com uma quantidade limitada de ar. De início, a superfície do chumbo formou uma camada de ferrugem, e depois parou de fazê-lo. Segundo a Teoria do Flogisto, o chumbo havia liberado seu flogisto para se tornar ferrugem. Lavoisier então pesou todo o equipamento e constatou que ele pesava o mesmo que antes de ser aquecido. Em seguida, pesou o chumbo e sua camada de ferrugem – e descobriu, como outros cientistas antes dele, que este era mais pesado do que quando o metal havia sido pesado anteriormente. Esse experimento de Lavoisier provou que, quando um metal se transformava em ferrugem, isso nada tinha a ver com a

perda de algum flogisto. O químico demonstrara que, na realidade, o metal se combinava com uma substância material dotada de peso, e que essa substância material consistia de ar.

Lavoisier também realizou um experimento com uma vela acesa, a qual foi colocada sob uma boia numa tigela de água. Em seguida, pôs sobre a vela um vaso de vidro emborcado, com a borda sob a superfície da água. À medida que a vela ardia, a água se elevava gradualmente dentro do béquer – a vela está consumindo parte do ar. Mas o químico observou que a vela sempre apagava quando a água havia subido de modo a ocupar um quinto do béquer. Essa quinta parte era usada na combustão. Lavoisier então descobriu que o que de fato acontecia na teoria da combustão era basicamente o contrário da Teoria do Flogisto. Ele decidiu dar a esse novo elemento o nome de oxigênio. Assim, definiu que, quando uma coisa queimava, não liberava algum flogisto e sim se combinava com o ar (oxigênio).

A sua batalha contra as ideias do flogisto estão detalhadas em *Reflexões sobre o flogisto de 1785*: "(...) é tempo de reconduzir a Química a uma maneira mais rigorosa de raciocinar, de despojar os fatos com o que essa ciência se enriquece todos os dias daquilo que o raciocínio e preconceito lhe acrescem; de distinguir o que é de fato e de observação do que é sistemático e hipotético". É claro que o trabalho de Lavoisier se aprimorou para que a sua ideia fosse aceita fora da França, esse novo método de se pensar a Química ganhava adeptos muito lentamente. O cientista inglês Priestley ficou muito amargurado pela falta de reconhecimento de Lavoisier que acreditou até o fim de sua vida na Teoria do Flogisto. O fato é que o químico francês conseguiu sistematizar uma nova forma de estudar a Química que, com o tempo, foi sendo implementada.

3º MOMENTO

TRABALHANDO A LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS EXPERIMENTALMENTE

OBJETIVO: Propor uma atividade prático-experimental da Lei da Conservação das Massas que não sejam apenas uma mera verificação lei.

JUSTIFICATIVA: Há uma tradição dentro do experimento a qual tem que ser feita para a comprovação da teoria (lei). Se pensar nas condições de um laboratório didático ou na própria sala de aula, será possível perceber que não há condição e necessidade desse tipo de trabalho. É necessário que o professor explore dentro de uma aula experimental essas condições externas para que o aluno tenha uma posição de protagonista na análise geral do experimento.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do 9º ano do ensino fundamental, podendo ser também aplicada para o 1º ano do ensino médio.

TEMPO ESTIMADO: 1 aula de 50 minutos.

DESENVOLVIMENTO:

Para essa aula, será disponibilizado um roteiro de uma atividade prático-experimental com resultados abertos para que assim o aluno tenha que ser colocado em uma postura investigativa em relação a fatores externos que podem estar influenciando os resultados das reações.

É necessária uma balança para medir os reagentes e os produtos da reação.

O professor medirá os reagentes, com o auxílio de uma balança, e após isso, fará uma previsão de quanto medirá os produtos, e depois os alunos irão refletir sobre o resultado encontrado e o esperado. Sugere-se que se faça em grupos a maior quantidade de experimentos possíveis para o comparativo de uma diversidade de resultados maior.

É proposto uma atividade prático experimental:

Após a demonstração do resultado, propõem-se os seguintes questionamentos para os educandos:

No caso do experimento que acabaram de realizar, era esperado que a massa se mantivesse a mesma, mas foi o que se observou? Quais são os fatores envolvidos no experimento realizado que pode ter influenciado no resultado?

Proponha um modo de realizar o experimento para que os fatores externos influenciem menos na obtenção dos resultados.

Sugere-se que o professor permita uma discussão em grupos para que cheguem a uma conclusão e diversidade de respostas, e no momento final, analise as conclusões e considerações de cada um, fazendo-os refletir e colocando-os em uma postura investigativa.

Expectativas de Aprendizagem

Atitudinal

Cooperar na execução das tarefas.

Compreender que seus questionamentos fazem parte do processo ensino/aprendizagem.

Procedimental

Elaborar respostas claras e objetivas, apresentando e discutindo dados e resultados.

Manusear adequadamente o aparato experimental durante a atividade.

Conceitual

A variação da massa na reação química.

Fatores externos que influenciam a reação química.

AVALIAÇÃO: Momento do trabalho em grupo com relação ao desenvolvimento de atitudes cooperativas. Capacidade do aluno em formular hipóteses.

ROTEIRO DA ATIVIDADE PRÁTICO-EXPERIMENTAL

Título/Assunto Básico: Trabalhando experimentalmente a Lei da conservação das massas.

N° de aulas previstas: 01h-a

Público Alvo: Alunos do 9º ano do Ensino Fundamental

Proposições conceituais (Propriedades, operações e relações invariantes):

Analisar os reagentes e produtos de uma reação química;

Identificar a variação de massa em uma reação química;

Compreender o que é um sistema fechado em uma reação química;

Observar a Lei da conservação das massas em uma reação química;

Material Utilizado:

Comprimido efervescente de Vitamina C;

Garrafa plástica com tampa;

Água;

Balança.

Montagem do Experimento:

O professor deve dividir a turma em grupos de 5 ou 8 alunos.

Os alunos deverão colocar 300 mL de água dentro da garrafa e colocá-lo sobre a balança, e anotar a sua massa.

Também deve medir a massa, com o auxílio da balança, do comprimido efervescente de Vitamina C.

Deve-se colocar o comprimido na água e deixar a reação acontecer.

Importante: Muitas vezes uma atividade prático-experimental-investigativa, exige que seja feita várias vezes para a formulação de hipóteses, desse modo, é importante o professor disponibilizar uma boa quantidade de reagentes.

Previsão/Observação:

O professor deve iniciar a atividade distribuindo uma questão problema a cada grupo de alunos. Sugere-se a seguinte questão: “Antoine Lavoisier é considerado por muitos como o Pai da Química, creditam a ele esse título pois ele disse que: “Na natureza nada se cria, tudo se transforma”. Isso significa dizer que em uma reação química não há perda de massa. Como podemos perceber isso no nosso dia a dia?”. As questões problemas devem ser relacionadas com o assunto a ser abordado na atividade e, ao mesmo tempo, têm um potencial problematizador, por estarem referenciadas na realidade vivencial desses alunos.

Observação:

Cada grupo recebe a questão que problematiza a Lei da conservação das massas, após o registro das respostas pelos grupos, coletivamente os alunos da turma devem discutir quais são os procedimentos a serem utilizados. Após a primeira medida da massa, em que ocorrerá a perda, sugere-se as seguintes questões:

No caso do experimento que acabaram de realizar, era esperado que a massa se mantivesse a mesma, mas foi o que se observou? Quais são os fatores envolvidos no experimento realizado que pode ter influenciado no resultado?

Proponha um modo de realizar o experimento para que os fatores externos influenciem menos na obtenção dos resultados.

Respostas Esperadas:

Observou-se que houve perda de massa. Existem vários fatores que podem estar envolvidos dependendo do local que o experimento estava sendo feito, um deles é a saída do gás pelo sistema não ser fechado.

Espera-se que proponha que usem a tampa para fechar o sistema, contudo com o rompimento do lacre ainda há saída de gás, assim sugere-se que o professor indague os alunos sobre essa possibilidade e com os materiais disponíveis, peça que use a criatividade para fechar ainda mais o sistema. É esperado que também seja feito uma reflexão sobre as limitações e os vários fatores externos da localidade que o experimento está sendo feito.

No momento das respostas das questões, é fundamental a ação do professor, em termos de estímulo e valorização de todas as possíveis hipóteses elaboradas pelos alunos, desde que elas tenham sido elaboradas/formuladas e registradas. O professor pode e deve auxiliar a melhorar a redação dos registros. Mas se faz necessário ressaltar que as hipóteses propostas devem gozar de um mínimo de plausibilidade e de inteligibilidade.

Para fazer um link entre a Situação-Problema e o experimento, iremos fazer os seguintes questionamentos aos alunos:

Quais outras reações químicas observadas no cotidiano podemos observar a Lei da conservação das massas?

Na produção de algum alimento, se observarmos a Lei da conservação das massas pode-se evitar o desperdício de ingredientes?

Após a realização das hipóteses e o link com a situação-problema, os alunos deverão montar o aparato experimental e realizar a atividade de acordo com o roteiro.

Após a realização do experimento, o professor deve discutir com os alunos os elementos do campo conceitual (definições de calor, temperatura) envolvidos no experimento.

Uma síntese das observações realizadas pelos alunos deve ser registrada. Os alunos devem realizar novamente o procedimento experimental, porém, modificando a quantidade de reagentes que acharem necessário.

Análise/Comparação:

O professor deve solicitar as respostas dos grupos referentes às questões propostas no roteiro e, então, deve promover uma discussão no sentido de buscar coletivamente a identificação das semelhanças e das diferenças entre as hipóteses e os resultados elaborados pelos alunos.

Após esta etapa os alunos irão responder, ainda em grupos, a situação-problema indicada no início da atividade e, então, devem compará-la com sua resposta inicial escrita.

REFERÊNCIAS

ALVIM, M. H.; ZANOTELLO, M. História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. **Revista Brasileira de História da Ciência**. Rio de Janeiro: v. 7, n. 2, p. 349-359, jul-dez 2014.

BELL, M. S. **Lavoisier no Ano Um**: Nascimento de uma nova ciência numa era de revolução. Tradução Ivo Korytowsky. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. 2002, v. 19, n. 3, p. 291-313.

CASTRO, D. L.; GUIMARÃES, M. B. A experimentação no ensino de Química: uma discussão dos obstáculos e possibilidades. In: **15° Simpósio Brasileiro de Educação Química**. Manaus, 2017.

CHELONI, F.; LEME, M. A. A.; PORTO, P. A. Concepções de licenciandos em Química da USP - São Paulo sobre a História da Ciência a partir de uma abordagem biográfica. Trabalho ED-035 apresentado na **29ª Reunião Anual da SBQ**. Águas de Lindoia, 2006.

COSTA, V. C. et al. Lavoisier: novamente alvo de uma avaliação diagnóstica. Trabalho HC-006 apresentado no XIII Encontro Nacional de Ensino de Química**. Unicamp**. Campinas, 24 a 27 de julho de 2006.

CUNHA, A.; GOMIDES, J. Fabricação do vinho como proposta de sequências didáticas para o ensino de Química no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Química**. 2013, v. 8, n. 2. Disponível em: http://e.issuu.com/embed.html#2581046/35237401. Acesso em: 06 jul. 2016.

FILGUEIRAS, C. L. A revolução química de Lavoisier: uma verdadeira revolução. **Química Nova**. 1994, v. 18, n. 2, p. 219- 224.

_____. **Lavoisier:** O estabelecimento da Química Moderna. São Paulo: Editora Odysseus, 2ª ed., 2015.

GALLIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova na Escola**. 2004, 27(2), p. 326-331.

GIBIN, G. B.; SOUZA FILHO, M. P. **Atividades experimentais investigativas em Física e Química:** uma abordagem para o Ensino Médio. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016, v. 1, 132 p.

HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório**. Enseñanza de las ciências**. 1994, v. 12, n. 3, p. 299-313.

MAIA, S. R. R. et. al. Manual de aulas práticas de um laboratório de química com materiais alternativos. Subprojeto PIBID Química. **FAEC-UECE**. 2013.

MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. P. Lavoisier e a conservação de massa**. Química Nova**. 1993, v. 16, n. 3.

MCCOMAS, W. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In C.C. Silva, & M. E. Prestes, (Orgs.), **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas** (pp. 425–448). São Carlos, SP: Tipografia Editora, 2013.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**. Jan./jun. 2010, v. 12, n. 1, p. 139-156.

PÉREZ, D. G. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**. 2001, v. 7, n 2, p. 25-153.

SILVA, S.i L. A. da; FERREIRA, Geraldo A. L.; SILVA, Roberto Ribeiro da. À procura da vitamina C. **Química Nova na Escola**. Novembro 1995, n. 2. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/exper1.pdf. Acesso em: 27 fev. 2018.

SOUZA, F. L. de *et al.* **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: SEESP/CENP, 2013.

TOSI, L. Lavoisier: uma revolução na Química. **Química Nova**. 1989, v. 12.

VIDAL, P. H. O.; CHELONI, F.; PORTO, P. A. O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na Escola**. 2007, v. 26, p. 29-32.

VIDEIRA, A. A. P. Historiografia e História da Ciência. Escritos. **Revista do Centro de Pesquisa da Casa de Rui Barbosa**. Ano 1, n. 1, 2007.

WESENDONK, Fernanda S. O uso da experimentação como recurso didático no desenvolvimento do trabalho de professores de Física do Ensino Médio. Dissertação de Mestrado em Educação para a Ciência. **Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho**. Bauru, 2015.

TEXTO 03

LAVOISIER: MUITO ALÉM DE UM LABORATÓRIO

Antoine Laurent Lavoisier nasceu em 1743. Seu pai era advogado e procurador do Parlamento de Paris, e sua mãe faleceu quando completou 5 anos de idade. Também tinha uma irmã que morreu com 15 anos de idade. Com a morte de sua mãe, seu pai foi morar com a sua sogra e a tia materna que proporcionaram ao jovem Lavoisier carinhos e cuidados durante toda infância e adolescência.

Os pais de Lavoisier eram muito ricos, o que proporcionou ao jovem a melhor educação possível, já que poderiam pagar a escola mais bem conceituada da França, e foi nessa escola que teve seu primeiro contato com a Química. Entrou na universidade licenciando-se em Direito no ano de 1764. Apesar disso, a carreira de advogado não o atraía. Assim, ele se interessou particularmente pela área das ciências seguindo cursos de professores renomados da área da Botânica, da Matemática, da Química e da Geologia. Em 1765, a Academia de Ciências abriu um concurso sobre o “melhor meio de iluminar durante a noite as ruas de uma grande cidade”. Lavoisier decidiu se inscrever e passou seis semanas em um cômodo recoberto de preto, onde testou todo tipo de lanterna e combustíveis. Sua conclusão foi favorável ao uso do azeite de oliva. Nesse momento, já estava clara uma preocupação que o acompanharia por toda vida – a de que a ciência também deve se preocupar com a sua aplicação e com o bem comum.

Passado mais um tempo, em 1768, a Academia das Ciências abre uma vaga devido à morte do químico Baron, e o nome de Lavoisier começa a ser pensado para compor o grande hall dos cientistas. Contudo, o escolhido pelo rei para ocupar essa vaga foi o mineralogista Jars, mas Lavoisier ocupou um posto chamado acadêmico adjunto até que surgisse uma vaga efetiva, que aconteceu no ano seguinte com a morte do próprio Jars.

Ainda no ano de 1768, Lavoisier passa a fazer parte da Ferme Générale, uma companhia privada que arrecadava impostos do povo e repassava, em troca, uma soma fixa para o governo. A decisão de se associar a Ferme Générale causou muita surpresa, visto que esta não era uma companhia bem vista de um modo geral, devido à forma dura com que cobrava os impostos. Essa decisão trouxe consequências muito

dramáticas para ele dentro da Academia das Ciências. O jovem parecia se preparar para uma vida puramente intelectual até que se lança ao mundo das finanças, o que não era comum. Para alguns, essa decisão se enquadrava perfeitamente dentro da decadência de valores morais da época. O fato é que quando Lavoisier se associa a Ferme Générale, e o seu volume de trabalho aumenta consideravelmente, muitas vezes tendo que se ausentar de Paris. Todavia ele fazia isso sem jamais se descuidar de suas pesquisas científicas e de suas ocupações na Academia das Ciências, que sempre solicitava de seus membros trabalhos científicos específicos.

As suas pesquisas na companhia de impostos o conduziu ao casamento. Com 28 anos, Lavoisier se casa com Marie-Anne Paulze, filha de outro componente da companhia. Naquela época, os casamentos eram arranjados, e com 14 anos, Marie-Anne se casaria com um homem bem mais velho e com uma pequena fortuna. Lavoisier era muito mais novo e com uma fortuna muito maior, o que favoreceria mais ao pai de Marie-Anne. Pelo que se sabe, o casal foi muito feliz, não tiveram filhos. Madame Lavoisier foi grande colaboradora no trabalho de seu marido, sempre o acompanhando, traduzindo importantes obras de químicos da Inglaterra para que ele tivesse acesso a essas leituras. Ela era uma típica mulher do século XVIII, tinha um grande entusiasmo pelas novas ideias e até o fim de sua vida o seu salão foi frequentado pelas personalidades culturais mais ilustres da época.

Já em 1772, Lavoisier já ocupava a classe química na Academia das Ciências. Em 1775, ingressa na administração da pólvora e salitre - a pólvora francesa era de péssima qualidade e, pelo que dizem, a França chegou a perder uma guerra por falta desta. No ano seguinte de seu ingresso, foi morar em Arsenal, onde permaneceu até 1791. Ali instalou seu laboratório onde se encontravam os aparelhos mais precisos da época.

A pesquisa que Lavoisier desenvolveu com a pólvora foi de grande eficácia. A preparação cuidadosa e científica fez desta uma das melhores da época, além de permitir o seu armazenamento em grande quantidade. O trabalho de excelência de Lavoisier e sua equipe não foi fácil. Em 1788, houve uma grande explosão em uma fábrica, porém Lavoisier saiu momentos antes desta.

Como se fosse pouco o que já fazia, ele também se ocupava da superintendência sobre o direito de entrada em Paris. O contrabando naquela época era enorme, e Lavoisier propôs construir um muro em Paris, e após alguma demora, o projeto foi aprovado. Houve grande indignação popular porque se dizia que a construção tirava de Paris a possibilidade de respirar ar puro.

Em outra ocasião, já em período da Revolução Francesa, Lavoisier saiu de Paris com um pouco de pólvora e foi acusado de querer privar o povo de armas defensivas. Houve o começo de um motim, mas logo tudo foi esclarecido. Contudo esse incidente não contribuiu para a boa reputação de Lavoisier.

TEXTO 04

NOTA COMPLEMENTAR À CARTA DE MARAT

Jean-Paul Marat era muito interessado pelas ciências e dedicou-se a estudar vários assuntos, e com isso desejava entrar na Academia das Ciências, o que foi recusado por seus experimentos inconclusivos. Cabe ressaltar que Marat não foi um completo desastre como cientista, ele traduziu a obra de Isaac Newton que foi muito mal recebida na época, contudo, tempos depois, foi reconhecida por ter uma tradução muito fiel às ideias de Newton.

O desentendimento de Marat com Lavoisier começou quando o primeiro publicou uma matéria no Jornal de Paris em que afirmava a chancela do seu trabalho pela Academia das Ciências, o que não era verdade. Lavoisier levou o assunto ao conhecimento de seus pares e foi encarregado de responder, e a partir daí, começa uma discussão entre os dois, via imprensa.

Contudo, a atenção de Marat se voltava cada vez mais para a política. Desde o início da Revolução Francesa, torna-se um de seus expoentes mais radicais, tendo fundado o jornal revolucionário chamado O Amigo do Povo, um panfleto incendiário do qual um dos maiores inimigos do povo era a Academia das Ciências. Foi nesse momento em que escreve o artigo adaptado acima: “Charlatães Modernos”.

A Revolução Francesa foi um período de grande instabilidade política da França. Pouco tempo depois da Tomada da Bastilha, Marat foi assassinado em sua banheira por rivais políticos. Após seu assassinato, se instala um período conhecido como Terror, caracterizado pela sua pouca tolerância, e logo se instituiu a guilhotina como pena aos seus “criminosos”. Cabe ressaltar que Lavoisier reconhecia a importância de se repensar o governo, porém, em virtude do seu passado na Ferme Générale, passou a ser perseguido como inimigo do povo. Lavoisier não fugiu da França como os outros devido ao fato que Madame Lavoisier não queria abandonar seu pai, que pertencia à mesma companhia de seu marido.

Lavoisier se escondeu durante um tempo em Paris e logo se entregou com o sogro, se defendeu de todos os crimes que fora acusado, e em vão, não o queriam ouvir. Muitos cientistas companheiros de pesquisa não o defenderam, mas Lavoisier teve como principal defensor da época o matemático Lagrange. Foi morto pela guilhotina em maio de 1793, e logo após o seu sogro. Momentos depois de Lavoisier ser guilhotinado,

Lagrange afirmou: “Não precisaram de mais que um momento para fazer cair essa cabeça, e talvez cem anos não sejam suficientes para produzir uma outra semelhante”.