

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ELAINE WERNCKE

**EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DAS  
MASSAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA  
2019

ELAINE WERNCKE

**EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DAS  
MASSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Licenciado em Química, do Departamento  
Acadêmico de Química, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.  
Orientador: Jaime da Costa Cedran

MEDIANEIRA  
2019

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DAS MASSAS**

Por

**ELAINE WERNCKE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 06 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dr.: JAIME DA COSTA CEDRAN**  
ORIENTADOR

---

**Prof. Me: RODRIGO RUSCHEL NUNES**  
MEMBRO TITULAR

---

**Prof. Dr.: EMERSON LUIS PIRES**  
MEMBRO TITULAR

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos professores, Jaime da Costa, meu orientador, Rodrigo Ruschel Nunes e Emerson Luis Pires por se fazerem presente na construção deste trabalho, bem como pela colaboração em minha formação pessoal e profissional ao longo da minha carreira acadêmica.

Agradeço imensamente ao meu marido, pelo apoio incondicional, aos meus pais e toda minha família por me apoiarem na conquista deste objetivo.

Sou grata a todos os amigos que contribuíram nesta jornada acadêmica, em especial, Larissa Dorigon, Thiago de Melo Barros e Sabrina Bianca Marmantini que não me deixaram desistir desse projeto nos momentos mais difíceis.

## RESUMO

Segundo Brow, Lemay e Bursten (2005), a química é o estudo das propriedades dos materiais e das mudanças sofridas por estes, e para entender essas transformações são necessários vários conceitos científicos, dentre eles está a conservação da massa. Todavia, esse conceito pode ser de difícil compreensão, o que leva os estudantes desenvolverem concepções alternativas para compreenderem tal teoria (SILVA, SOUZA E MARCONDES, 2008). Logo, pela dificuldade do tema é necessário uma estratégia educacional individualizada e, entre inúmeras, escolheu-se o experimento investigativo, pois nesse o aluno é um participante ativo de seu conhecimento, desde a interpretação do problema até o levantamento de hipóteses para sua solução (OLIVEIRA, 2012) e, segundo Motta et al. (2013), por esse método o estudante demonstra maior comprometimento na construção de sua aprendizagem. Diante disso, o trabalho tem como objetivo aplicar um material de caráter investigativo sobre o conteúdo de conservação das massas e identificar por meio da implementação do material as concepções dos estudantes do primeiro ano do ensino médio sobre a conservação das massas e como a utilizam para explicar as transformações químicas.

Palavras-chave: Ensino de química, Lei de Lavoisier.

## ABSTRACT

According to Brow, Lemay and Bursten (2005), chemistry is the study of the properties of materials and the changes they undergo, and to understand these transformations, several scientific concepts are needed, among them the conservation of mass. However, this concept can be difficult to understand, which leads students to develop alternative conceptions to understand such theory (Silva, Souza and Marcondes, 2008). Therefore, due to the difficulty of the subject, an individualized educational strategy is necessary and, among many, the investigative experiment was chosen, because in this the student is an active participant of his knowledge, from the interpretation of the problem to the raising of hypotheses for its solution (Oliveira, 2012) and, according to Motta et al. (2013), by this method the student is more committed to their learning. Therefore, this work aims to elaborate an investigative material on mass conservation and to identify through the application of the material the conceptions of the students of the first year of high school about the conservation of the masses and how they use it to explain the chemical transformations.

Keywords: Chemistry teaching, Lavoisier's Law.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
4.1 PASSOS DA PESQUISA.....	17
4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	19
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
5.1 ANÁLISE DA AULA COM EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA.....	20
5.2 ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES.....	29
5.2.1 Antes da Aula.....	29
5.2.2 Depois da Aula.....	32
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>52</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias estabelecidas a priori para a análise de Questão 1- Primeira pergunta depois da primeira aula.....	21
Tabela 2: Segunda Pergunta depois da primeira aula.....	23
Tabela 3: Terceira pergunta depois da primeira aula.....	25
Tabela 4: Terceira pergunta depois da segunda aula.....	26
Tabela 5: Categorias e respostas para a pergunta antes da primeira aula.....	29
Tabela 6: Categorias e respostas para a pergunta antes da segunda aula.....	31
Tabela 7: Categorias e respostas para a pergunta antes da segunda aula.....	33
Tabela 8: Categorias e respostas para a segunda pergunta depois da segunda aula .....	35
Tabela 9: Categorias e respostas para a quarta pergunta depois da segunda aula..	35
Tabela 10: Categorias e respostas para a quinta pergunta depois da segunda aula. .....	37



## 1 INTRODUÇÃO

O curso de Licenciatura em Química visa à formação de profissionais capazes, e legalmente preparados para exercer atividade docente no ensino fundamental e médio. Tal habilidade é adquirida por meio de aulas práticas e teóricas, além de estudos de práticas de ensino. (“Curso Superior - Licenciatura em Química”, 2014).

O estudo das práticas de ensino é uma das habilidades adquiridas e também pesquisadas no curso. Sendo denominada de pesquisa em ensino de química, a qual se caracteriza por aperfeiçoar o ensino e aprendizagem em química, e assim como outras áreas, utilizada de teorias interligadas a área, como a psicologia, filosofia, sociologia, dentre outras. Seus métodos são variados: observações, questionários, testes e diálogos. É importante ressaltar que nesta área se estuda pessoas, e não moléculas e átomos, por isso seus resultados variam tanto de lugar, tempo e indivíduos presentes na pesquisa. (SCHNETZLER, 2002).

Embora os resultados variem com tempo, espaço e indivíduos, ainda é possível identificar as dificuldades de aprendizagem, assim como os obstáculos para assimilação e compreensão de conteúdos. Sendo a química a ciência que estuda as transformações, entender como esse processo é construído é parte fundamental do estudo. Uma forma para alcançar isso é apresentação de problemas, os quais farão o aluno refletir, formulando hipóteses para a explicação de um fenômeno. Essas hipóteses e as possíveis assimilações que os estudantes criam para explicar um fenômeno dão uma ideia geral de como constroem o entendimento.

Quando o professor toma ciência das principais vias para explicar um processo químico pelos estudantes, esse pode aperfeiçoar as ferramentas de ensino, buscando resolver com antecedência os possíveis obstáculos que impedem a compreensão do conteúdo.

## 2 OBJETIVOS

Aplicar um material didático de caráter investigativo sobre conservação das massas e identificar, por meio do desenvolvimento desse material em sala de aula, as concepções dos estudantes do primeiro ano do ensino médio sobre a conservação das massas e como a utilizam para explicar as transformações químicas. Categorizando as respostas conforme proposto por Andersson (1990).

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender através da literatura como o entendimento efetivo do conhecimento em conservação das massas pode levar ao entendimento de transformação química.
- Elaborar categorias de análise capaz de identificar o grau de entendimento dos estudantes, baseado nas categorias propostas por Andersson (1990).
- Elaborar perguntas para investigar os objetivos propostos.
- Aplicar o material de caráter investigativo em Anexo B.
- Recolher e analisar os questionários, bem como áudios obtidos pelo desenvolvimento da aula.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A química é uma ciência abstrata, e demanda esforço e tempo para ser construída e entendida. Um dos conteúdos em que os estudantes mais apresentam dificuldades são as transformações químicas, que são os princípios fundamentais da química. Segundo Brow, Lemay e Bursten (2005), a química é o estudo das propriedades dos materiais e das mudanças sofridas por estes. Porém, o entendimento do conceito das mudanças e como realmente ocorrem é de natureza complexa, como relatam Silva, Souza e Marcondes (2008), em seu estudo sobre ideias de transformações químicas, a realidade complexa deste conceito faz com que os estudantes criem alternativas para explicar fenômenos químicos, pois para o entendimento completo é necessário que o estudante desenvolva competência das representações simbólicas, e com estes conseguir estruturar modelos microscópicos do plano observável.

E alguns autores buscam em seus trabalhos identificar quais são as concepções que os alunos adotam sobre as transformações, como o trabalho desenvolvido por Andersson (1990), nele o autor analisa diversos trabalhos da área, e cria cinco categorias de análises, como em uma escala de progressão da alfabetização científica e química: A-desaparecimento. B-deslocamento, C-modificação, D-transmutação, E-transformação química.

A categoria A-desaparecimento se relaciona as respostas que referem as reações químicas como sucintamente desaparecimento, um sumiço de reagentes. Isso foi observado quando uma dupla de pesquisadores perguntou a 2800 estudantes um problema de combustão: “Um carro pesa 1000 kg, é preenchido com 50 kg de gasolina. O carro é conduzido até o tanque de gasolina estar vazio. O carro então pesa 1000 kg novamente. Aproximadamente, qual é a massa dos gases de escape expelidos durante a perda de peso do carro? Explique seu raciocínio”. O experimento constatou que 15% dos estudantes tem a ideia que a gasolina é consumida pelo carro e desaparece, e descrevendo que apenas uma pequena parte da gasolina se transforma em gás. (ANDERSSON; RENSTRÖM, 1983 apud ANDERSSON, 1990).

A categoria B-deslocamento está relacionada ao movimento físico, como se antes da reação o produto formado estivesse dentro dos reagentes e através da reação química ele acabasse saindo, ou mesmo não estivesse dentro, mas atravessasse da parte externa ao interior onde ocorre a reação. Essa categoria demonstra como os estudantes têm dificuldade de aceitar que em uma reação química novas substâncias são formadas.

A categoria C-modificação se relaciona com uma mudança de estado físico. Se voltasse a analisar o exemplo do carro, notaríamos respostas fundadas na concepção de que a gasolina passou no estado líquido ao gasoso, e por isso acabou no ambiente. Embora remonte o fundamento da categoria A-desaparecimento, essa categoria utiliza de um conceito físico para explicá-lo, mesmo não sendo correto ainda utiliza algum conceito científico. Porém, nessa categoria se considera que as substâncias permanecem exatamente as mesmas antes da reação, só que elas passaram por uma modificação em sua aparência ou estado físico.

Na categoria D-transmutação, as respostas se aproximam de transformação química, porém infringem suas leis, como exemplos de reações químicas onde matéria se transforma em energia, e o contrário também são encontrados. No exemplo do carro encontrar-se-iam respostas como: “a gasolina se transformou parte em gás e parte em energia”. Dando-lhe a falsa ideia que a energia é material. Além disso, os estudantes podem não conseguir compreender que numa transformação química há o rearranjo atômico e, por isso, acabam pensando que o que ocorre é que um átomo pode ser transformado em outro, por exemplo, um carbono ser trasmutando em um nitrogênio.

A categoria E-transformação-química é, dentre todas, a que demonstra a maior agregação de conhecimento. Nesta etapa o estudante é capaz de distinguir a dinâmica corpuscular de elementos e suas possíveis quebras e ligações. O caso do carro, anteriormente descrito, mesmo após instrução de transformações químicas, somente 2% dos envolvidos atingem essa categoria.

Mesmo vários artigos demonstrando a complexidade da compreensão de conservação da matéria em transformações químicas pelos estudantes, algumas vezes é minorada pelos professores, resultando desta uma dificuldade para que o aluno passe a aceitar e compreender modelos microscópicos. Além disso, a dificuldade de entender a conservação da massa é comumente observada em

experimentos de combustão, devido os modelos incompletos que constroem, os fazem concluir que o material se torna mais leve com a queima, e que parte é perdida com a fumaça. (ROSA; SCHNETZLER, 1998).

Além do citado, Galiazzi e Gonçalves (2004) afirmam que de um modo geral os professores e alunos dos cursos de Química apresentam uma visão simplista sobre as práticas experimentais. As práticas não deveriam ser alicerces visuais da teoria previamente demonstrada. Existe uma clara dicotomia entre teoria e experimentação, pois é comum o aluno indicar que a prática lhe serviu para observar a teoria, e não o contrário. Sendo, portanto, necessário superar a pensamento de que a atividade experimental tem a função única de comprovação da teoria. (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004).

Contudo, como cita Bachelard (1996), pode-se comparar o pensamento simplista de uma aula experimental, com um obstáculo, pois o pensamento acima citado é velho, um preconceito, capaz de ofuscar o que se deve saber realmente, mas para vencê-lo é necessário aceitar a brusca mutação que contrapõe o passado. Isso significa, que se um indivíduo deseja vencer um obstáculo, antes terá de vencer um conhecimento mal estabelecido, indo, portanto, contra um conhecimento anteriormente adquirido. Veja que por esses argumentos, fica explícito a dificuldade de superar um pensamento com pouca reflexão, isso é evidenciado tanto pelos estudantes, que carregam em si uma bagagem de conhecimento, tanto por professores, que aprenderam a muito como “devem” ser as aulas experimentais.

Sabendo de tais características humanas, pretendeu-se neste trabalho aplicar aulas de cunho investigativo, superando a visão simplista de uma aula experimental. Escolheu-se o método de experimentação investigativa, pois essa abordagem possibilita a participação ativa dos alunos em todas as etapas do processo da construção do conhecimento, desde a interpretação do problema até o levantamento de hipóteses para sua solução (DE OLIVEIRA, 2012).

O método investigativo sugere que professor deixe os alunos refletirem sobre a experimentação, não se preocupando intensamente com resolução do problema, pois o que mais importa é a formulação de hipóteses, as quais serão gradualmente descartadas através da explicação. (PADILHA; CARVALHO, 2011).

Quando o experimento é aberto ao levantamento de hipóteses pelos estudantes, esses demonstram mais comprometimento diante da sua aprendizagem.

(MOTTA et al., 2013). Isso porque, o método exige dos estudantes a construção de novos significados e sentidos, que se dá por perguntas pensadas, e construídas com o propósito de provocar e conflitar com velhos pensamentos. É necessário e fundamental conflitar o pensamento do estudante com perguntas potenciais, previamente elaboradas, pois é na pergunta abstrata e fraca que a resposta concreta se fixa, bloqueando o estudante a destruir o velho, e adquirir o pensamento científico real. (BACHELARD, 1996).

Dessa forma, um dos objetivos do trabalho é aplicar uma aula investigativa, e seu respectivo problema, dentro da realidade e conhecimento do estudante e buscando construir o conhecimento efetivo. O problema que circunda a aula é a transformação química, voltando-se para suas consequências, para isso é necessário que o estudante compreenda o papel das reações químicas que consome diariamente.

Uma maneira viável para compreender uma reação química é através da conservação das massas, isso porque numa abordagem mais ampla, como demonstra no livro Química Geral e Inorgânica de Hartwing, Souza e Mota, (1999), a lei de conservação de massa é a base para que eles expliquem a reação química, com os autores enfatizando que os átomos presentes são exatamente os mesmos antes e depois da reação e que suas massas não sofrem alteração na passagem, a massa dos produtos é, portanto, igual a massa dos reagentes, mudando apenas o modo como os átomos se arranjam após a reação.

O que é interessante no método é que pode ser executado com reagentes acessíveis, a fim de compreender que a massa dos reagentes é igual a massa dos produtos, um princípio aparentemente modesto, mas permite que o estudante observe com uma balança a transformação química, e que mesmo assim se mantém a massa, ou seja, sem a adição de novos reagentes um produto se formou. Esse fato observável pode abrir caminho para a discussão de transformação química, iniciando um assunto tão importante e complexo para o entendimento dos estudantes.

Embora seja uma maneira barata de alcançar o conceito, como descrito, ao fazê-lo é necessário reconhecer as dificuldades por parte dos estudantes, elaborar perguntas, previamente pensadas, que sejam capazes de conflitar com o velho

pensamento, e auxiliar na superação do obstáculo derivados de experiências primeiras.

Para tal problema propõe-se através deste projeto, construir um material investigativo para corroborar na compreensão de conservação das massas, sendo este um dos pressupostos ao entendimento de transformações químicas, a qual se mal compreendida dificulta o entendimento da natureza e o objetivo do estudo da química no ensino médio.

Contudo, o entendimento das transformações químicas pode colaborar para a formação de um cidadão crítico e reflexivo, o qual lhe permitirá refletir sobre bens e consumo em sua sociedade, ao compreender o papel irreversível das reações químicas. Uma vez que ao produzir quaisquer produtos que demandem de uma transformação química, a mesma não pode facilmente retornar ao seu estado inicial, como, por exemplo, a combustão de combustíveis, os quais produzem diversos gases nocivos ao planeta

#### 4 METODOLOGIA

Para identificar os principais obstáculos e hipóteses desenvolvidos pelos estudantes este trabalho se desenvolveu em duas aulas de 50 minutos aplicadas a alunos do primeiro ano do ensino médio do Colégio Estadual Arthur da Costa e Silva. Os 44 alunos escolhidos ainda não haviam estudado o processo de conservação de massa, e partir da aula foi possível coletar dados de como foram capazes de explicar o fenômeno de transformação química tomando como argumento a conservação de massa.

As aulas desenvolvidas utilizaram a experimentação investigativa, a fim de instigar a formação de hipóteses pelos estudantes, servindo de base para identificar as principais categorias de entendimento dos estudantes.

Como se pode observar em Anexo A, as perguntas são abertas, e foram analisadas por método qualitativo; o qual prioriza o processo e não o produto, retratando a perspectiva dos participantes, procurando entender e interpretar as respostas a um determinado método. (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

O método se desenvolve por meio da aula, sendo esta uma ferramenta de coleta, pois é por meio dessa que se pode recolher diálogos e perguntas elaborados pelos estudantes, capazes de ajudar a compreender melhor a construção de conhecimento. Por isso, foi tão importante formular perguntas na aplicação da aula e aplicação do questionário. Sendo igualmente importante que as respostas tenham categorias de análise previamente, o que colaborou para elaborar perguntas às quais respondam a problemas previamente detectados na literatura.

Por se tratar de um método qualitativo, foi necessário descrever alguns parâmetros fundamentais para que os objetivos do trabalho fossem alcançados. Dentre eles, o grau de preparo do pesquisador, o qual devido à natureza da pesquisa precisou se preparar mentalmente para que as perguntas elaboradas no material fossem instigar o estudante. (LÜDKE; ANDRÉ, 1986)

E, como descrito por Lüdke e André (1986), é necessário determinar na pesquisa qual o tipo de observador utilizado. Dentre os descritos, nessa pesquisa, devido à interação direta com o grupo pesquisado, observador é classificado em: “observador como participante”. Isso significa que desde início, foi demonstrado ao



grupo pesquisado o papel de pesquisador e objetivos do estudo. A principal vantagem desse método é que o pesquisador pode abranger uma gama maior de informações, devido à relação direta, porém por outro lado, necessita da colaboração do grupo, que pode ser ativo ou omissivo em suas respostas.

Além disso, foi necessário observar como o grupo pode influir nos resultados, em especial com o “observador como participante”. (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Por isso foi necessário descrever os sujeitos, e como argumentam, falam, e se diferem. Utilizando-se para isso a transcrição das falas disponibilizadas no Anexo C. Uma vez que as falas são fundamentais para validarem argumentos qualitativos. Bem como pôde descrever o local e seu ambiente. Outro ponto importante foi descrição das atividades excepcionais, além da ordem das atividades e, principalmente, a atitude do observador/pesquisador.

O áudio, Anexo C, foi transcrito de forma literal, ou seja, as falas gravadas foram transcritas exatamente, palavra por palavra.

#### 4.1 PASSOS DA PESQUISA

Nessa etapa ocorreu a aplicação da aula investigativa, Anexo B, seguindo os passos propostos. Iniciou-se com um vídeo da transformação de uma maçã, nele se apresentou a decomposição do alimento ao longo de inúmeros dias. Após término do vídeo, os alunos foram questionados sobre o descarte de lixo, e como as reações químicas transformam os materiais.

Nesta etapa da atividade, foi proposta ao estudante a construção de um sistema onde não houvesse perdas para o ambiente. E que a reação ocorresse com os reagentes: Bicarbonato de sódio e Ácido acético aquoso (vinagre). A turma de quarenta e quatro alunos foi dividida em oito grupos de quatro ou cinco estudantes.

Cada grupo construiu um sistema no qual não ocorram perdas para o ambiente com os materiais disponibilizados em bancada. O material disponibilizado sugeria que o experimento em sistema fechado seja realizado em uma garrafa PET. O estudante observou que o Bicarbonato de sódio ao entrar em contato com o Ácido

acético aquoso (vinagre) provocava uma reação química que pode ser notado pela efervescência e a liberação de gás em ambos os sistemas.

A construção do sistema não contou com roteiro, mas perguntas capazes de instigar o estudante a chegar ao sistema proposto. Como o sistema não pôde conter perdas foram feitas perguntas que induzam o estudante a escolher a garrafa PET. Se por acaso o aluno não chegasse ao raciocínio, procurava-se fazer outros questionamentos para que ele levantasse hipóteses e que discutisse, abstraindo junto ao estudante se aquela ideia poderia funcionar.

Então como foi proposto ao estudante que fizesse um sistema sem perdas, eles foram questionados de que forma poderiam fazer isso, sendo que eles foram capazes, através das questões, concluir que os reagentes deveriam inicialmente estar separados dentro da garrafa antes da reação, pois seria necessário aferir a massa de todo o sistema.

Após estabelecer que os reagentes deveriam estar contidos dentro da garrafa PET, foi proposto que realizassem a reação, os questionando como poderiam separá-los antes de fechar a garrafa. Essa etapa foi crítica, pois os alunos elaboraram várias sugestões e ficou a caráter do professor utilizá-las e explicá-las porque podiam ou não usá-las. Mas sempre discutiu-se, para que ao final eles conseguissem colocar uma determinada quantidade de bicarbonato de sódio dentro da garrafa de modo que este fique ao fundo do recipiente. E que certo volume de vinagre também deveria estar contido dentro de um tubo de ensaio, pois o tubo tem como objetivo de evitar que a reação ocorra inicialmente dentro da garrafa PET de forma que não entre contato com o bicarbonato de sódio.

O estudante foi induzido a aferir a massa desse sistema com dois reagentes antes de qualquer reação química. Após aferição da massa do sistema pretendeu-se propor aos estudantes para que os reagentes entrem em contato dentro do sistema com a garrafa fechada a fim de provocar uma reação química. Em seguida, pediu-se que abrissem a garrafa e pesassem novamente o sistema. Notando que a massa diminuiu no experimento, abrindo caminho para a discussão de transformação química e conservação de massa em uma reação.

Na sequência da atividade, foi proposto que os estudantes fizessem o segundo experimento, a queima da palha de aço, também fazendo a medida da

massa antes e após o experimento. Posteriormente começaram a criar hipóteses para a massa ter aumentado e não diminuído como na experiência anterior.

#### 4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Foram utilizados questionários antes de cada aula, e no final destas (Anexo A).

As aulas foram gravadas em áudio (Anexo C) para que fosse possível agregar à discussão dos resultados. Identificando, quando possível, os principais obstáculos e vias para a construção do conhecimento, e utilizando como base as categorias previamente descritas por Andersson (1990).

## 5 RESULTADOS

Os resultados foram subdividido em dois momentos, o primeiro é para avaliar como a aula investigativa ocorreu, para isso foram utilizadas apenas as respostas diretamente relacionadas à aula. No segundo tópico, foram avaliados como os alunos desenvolveram a atividade, suas respostas e erros conceituais.

### 5.1 ANÁLISE DA AULA COM EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA

Como descreve Bachelard (1996), a superação da construção de conhecimento se desenvolve através da destruição do velho pensamento, uma das formas de se fazer isso é através de questionamentos, os quais conflitam com os argumentos elaborados pelos estudantes e vão gradualmente desconstruindo pensamentos errôneos.

Isso fica evidente ao longo, principalmente, da primeira aula, isso porque os alunos são desafiados a desenvolverem o experimento sem conhecimento prévio da experimentação e desprovidos de um roteiro prático, o que, na realidade, é árduo, pois exige do professor a posição constante de fala e questionamento e dos alunos exige a constante atenção e participação.

Tal posição mais participativa algumas vezes incomodava os estudantes como a fala de um deles coletada em áudio e transcrita no Anexo C, diz ele em tom de reclamação: “A professora faz muita pergunta!” A frase anterior demonstra que os alunos estão quase sempre na posição passiva, e quando são tirados da zona de conforto podem se incomodar.

Embora, a princípio, a dinâmica os deixe desconfortáveis, como acontece na construção da garrafinha disponível em Anexo C e descrita aqui, sendo “P” a abreviação para professor e “A”, para aluno:

P: Mas olhem para os materiais que vocês têm, não há nada que possa ser utilizado? Pausa e discussão.

A: Aí Jesus! A: Então coloca o bicarbonato dentro do tubo de ensaio e dentro da garrafinha.

P: Tá melhorando! Dessa forma eles já estarão isolados, mas quem flui melhor: o vinagre ou o bicarbonato de sódio?

A: O vinagre.

P: Então o vai dentro do tubo de ensaio?

A: O vinagre. Aplauso e comemoração.

A: Vamos fazer professora?

P: Vamos! Mãos à obra.

O desconforto, descrito com frases impacientes como aquela que a aluna diz: “Aí Jesus”, quando superado o problema lançado, eles comemoram com aplauso e euforia.

Por fim, os alunos conseguiram executar a prática no tempo estipulado do planejamento e ainda conseguiram ficar mais engajados na aula. Fato que se observou através das perguntas realizadas após a primeira aula. Foram três questões após essa experiência:

1. Porque precisamos fazer o experimento dentro da garrafinha?
2. Porque a massa diminui ao abrir a garrafinha?
3. O que você concluiu com esta aula em relação a massa e as transformações químicas?

Para a análise das respostas foram elaboradas categorias a priori, utilizando as cinco categorias de Andersson (1990) e incluindo mais uma, a categoria outros, que incluem basicamente respostas incorretas e completas, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1: Categorias estabelecidas a priori para a análise de Questão 1- Primeira pergunta depois da primeira aula.**

	<b>Porque precisamos fazer o experimento dentro da garrafinha?</b>	<b>Quantidade de Alunos</b>
<b>A-desaparecimento</b>	Diz que o gás desaparece da garrafa. Não considera o papel do gás na massa.	0
<b>B- deslocamento</b>	O gás sai de dentro dos reagentes, é descolado de lá.	0
<b>C-modificação</b>	Cita que o gás evaporou, vaporizou ou menciona um efeito da reação.	5
<b>D-transmutação</b>	Cita que o gás de comportamentos animalistas, usando	1

	termos como fugiu.	
<b>E-transformação-química</b>	Cita a presença do gás e que o mesmo pode sair ao abrir a garrafa.	34
<b>Outros</b>	Explica por algum motivo não correlato.	3

Para essa questão não houveram respostas às categorias de A-desaparecimento e B-deslocamento, o que é bastante significativo pois eles conseguem relacionar a formação de algum produto, o gás, e também não citam que o bicarbonato foi deslocado, ou seja, substituído por outra substância, mas, sim, que houve alguma transformação e aconteceu a formação de um gás.

Por outro, houveram outros erros conceituais, como o do Aluno 2, que diz: “É um lugar onde o gás produzido não foge”. Esse aluno foi classificado dentro da categoria D-transmutação, pois como afirma Andersson, essa categoria engloba operações impossíveis, que vão contra a realidade das reações químicas, isso porque é incorreto tratar o gás com características de seres vivos. Esse problema é recorrente como afirma Mortimer e Miranda (1995), pois os alunos tem a concepção que as substâncias reagem por terem vontade de fazer uma reação, esse problema foi cunhado animismo e é frequente nos dias atuais.

Também é comum os estudantes explicarem as reações como modificações em sua aparência ou estado físico, ou seja, a categoria C-modificação, isso porque eles descrevem a reação em sua forma visual. Isso ficou evidente na fala do Aluno 20: “Porque ao misturar Vinagre com cloreto de sódio, faz espuma que sobe.”, veja que o estudante não menciona a formação do gás, mas sim uma consequência da reação que são as bolhas formadas durante a reação, tal característica provavelmente acontece, segundo Silva, Souza e Marcondes (2008) porque os estudantes têm dificuldade de passar do nível macroscópico para o microscópico, o qual com eles ficam presos ao efeito visual da reação não avançando sobre o que está acontecendo a nível molecular.

Por outro lado, um quantitativo de 34 estudantes, a grande maioria, responderam essa questão de forma correta e, portanto, alcançaram o nível E-transformação-química. Algumas respostas dadas, como a do Aluno 11: “Porque é preciso fazer o experimento em um recipiente fechado para o gás não sair.”, a do Aluno 24: “Para que o gás não sair, escapar, porque precisamos de todos os gases.”, a do Aluno 30: “Para que o gás produzido não se perca.” e a do Aluno 33: “Para

que o ar não saia e a massa continue a mesma. “. Observa-se que os alunos anteriormente citados levam em consideração o gás, sua massa e que caso a garrafinha estivesse aberta esse gás desprenderia e a massa dele não seria somada.

Sobre as respostas dadas como outras, 3 alunos, como do Aluno 31: “Porque caso o experimento fuja do controle está em área controlada” e do Aluno 36: “Para ver a reação sem se machucar”, fica evidente para eles que existe um risco no experimento, logo fazê-lo dentro da garrafa os livraria do perigo. Embora, como pode ser verificado no Anexo C sobre os diálogos, isso não fora mencionado, mas é comum porque, como afirma Rocha et al., (2005), os estudantes tendem a ver a química como algo negativo, relacionada a destruição, bombas e à poluição, e por isso provavelmente imaginaram estar em perigo ao fazer o experimento.

Essa questão foi a que os alunos chegaram mais próximos no nível E-transformação-química. Talvez isso tenha acontecido porque como pode ser observado no Anexo C, foi uma parte da experimentação investigativa em que o conhecimento foi construído em conjunto, alunos e professor, resultando nas melhores respostas, tal argumento pode ser reforçado segundo Filho e Celestino (2010), já que para os autores uma postura mais interacionista em sala de aula, ou seja, quando há discussão entre os estudantes, contato direto com os experimentos e o professor como mediador das atividades traçadas, a aula pode conduzir o estudante a uma evolução de conceitos e que, portanto, resulta numa aprendizagem mais significativa e efetiva.

Para a segunda questão as categorias propostas são similares à primeira e estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2: Segunda Pergunta depois da primeira aula.**

	<b>Porque a massa diminui ao abrir a garrafinha?</b>	<b>Quantidade de Alunos</b>
<b>A-desaparecimento</b>	Diz que o gás desaparece da garrafa. Não considera o papel do gás na massa.	0
<b>B- deslocamento</b>	O gás sai de dentro dos reagentes, é descolado para fora da garrafa.	0
<b>C-modificação</b>	Cita que o gás evaporou, vaporizou ou menciona um efeito da reação.	11
<b>D-transmutação</b>	Cita que o gás de comportamentos animalistas, usando termos como fugiu.	0

<b>E- transformação química</b>	- Cita a presença do gás e que o mesmo pode sair ao abrir a garrafa.	30
<b>Outros</b>	Explica por algum motivo não correlato.	3

Das categorias de Andersson (1990) apenas foram encontradas respostas relacionadas a categoria E-transformação-química, 30 alunos, e C-modificação, 11 alunos.

Dentre as respostas encontradas, haviam muitas respostas semelhantes as do Aluno 3: “Diminui porque dentro da garrafinha tinha gás e líquido, fazendo assim, quando abrisse a garrafinha diminuir 1 grama de massa” e o Aluno 38: “Porque tem gás”, é possível observar que esses alunos mencionam apenas o que ele viram no experimento, eles não citam, por exemplo, que o gás saiu ou se despreendeu, citam apenas o aspecto sensorial, por exemplo, a massa pois foi pesado ou a formação do gás porque houve um efeito sonoro ao abrir a garrafa. No entanto, não os relacionam diretamente, o que significa que esses alunos ficam presos pela modificação da reação, logo estão dentro da categoria C-modificação.

Além destes, há outros tipos de modificações, os que citam a evaporação, como o Aluno 31: “Porque parte da massa se vaporiza”; há, nesse caso, uma confusão entre uma transformação física e transformação química, fato que já foi observado por outros pesquisadores como Filho e Celestino (2010), os quais citam que além dessa confusão os alunos ainda apresentam dificuldades para diferenciar os conceitos mistura/reação e diluir/dissolver. Logo, esse é um dos conceitos que necessitam de melhor atenção na prática educacional.

Outro erro conceitual dado como alternativa outros foi a do Aluno 42, ele diz: “Ela diminui porque ao abrir a garrafa os gases se misturam com o oxigênio e deixam de ter a mesmo peso e substância de quando estavam dentro da garrafa”. Nota-se que na concepção desse aluno, existe uma confusão entre densidade da solução e também para a densidade do ar. Tal fator já foi descrito na literatura por Mortimer e Miranda (1995), os quais realizaram uma experiência semelhante à realizada nesse estudo, e os estudantes tendem a dizer que quando em sistema aberto a massa será a mesma, pois o gás não pesa nada. Isso demonstra que há dificuldade de entender que o gás tem massa, dado encontrado em uma resposta, o que pode induzir que a experimentação investigativa e esse experimento foram fundamentais para evitar tal erro conceitual.



Sobre a categoria E-transformação-química, 30 estudantes desenvolveram o raciocínio de forma aceitável, como é o caso do Aluno 44: "Pois o gás que havia dentro saiu quando abriu a garrafa", Aluno 2: "Porque o gás produzido sai da garrafa" e Aluno 41: "Ao abrir saiu um gás e isso faz a massa da garrafa diminuir". Eles foram capazes de relacionar que a liberação do gás foi a causa da diminuição de massa e, assim, pode-se evidenciar que eles enxergaram a relação entre o gás e sua massa correspondente.

Elaborou-se para a terceira questão a Tabela 3.

**Tabela 3: Terceira pergunta depois da primeira aula.**

	<b>O que você concluiu com esta aula em relação a massa e as transformações químicas?</b>	<b>Quantidade de Alunos</b>
<b>A-desaparecimento</b>	Diz que numa reação química a massa desaparece.	0
<b>B- deslocamento</b>	Menciona que na reação química o produto sai dos reagentes.	0
<b>C-modificação</b>	Fala que a transformação química é mudança de estado físico ou alguma transformação visual.	1
<b>D-transmutação</b>	Diz que massa se conserva, mas que os elementos se transmutam para isso.	0
<b>E- transformação química</b>	- Confirma que massa se conserva e fala sobre os efeitos da transformação química.	20
<b>Outros</b>	Não há como afirmar se houve erro conceitual ou diz que nem sempre a massa se conserva	20

Em relação à terceira pergunta se nota pela fala do Aluno 31: "Que está em transformação, mudando de forma", observa-se que, para ele, a massa sempre está em transformação, modificando de forma; essa é uma ideia diretamente relacionada a categoria C-modificação pois está correlacionado a visualização da reação química.

Por outro lado, os demais estudantes deram respostas relevantes para discutir a conservação de massa e avaliar com maior clareza o desempenho da aula e do método de experimentação investigativa. Como é o caso do Aluno 2, que disse: "Que os reagentes e o produto, mesmo modificado a aparência tem a mesma massa", do Aluno 5: "No final a massa dos produtos é igual a massa dos reagentes por exemplo uma composição química após algumas reações contém a mesma", Aluno 20: "Que os reagentes e produtos tem a mesma massa" e Aluno 42: "Que tanto no ponto inicial quanto no final continua a mesma, ou seja, não muda". Respostas

como essas são encontradas no total por 20 alunos, o que indica que uma parte conseguiu compreender a relação de massa e transformação química.

Todavia, 18 alunos não conseguiram compreender claramente essa relação, como é o caso do Aluno 1: “Conclui que na maioria das vezes tem a mesma massa, mas que também pode apresenta massa diferente dos produtos e reagentes que as transformações químicas precisam de dois produtos para ocorrer e que continua a mesma massa por exemplo: tem uma composição  $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH}$  juntando fica  $\text{NaCH}_3\text{COO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ”. Nesse caso além de não conseguir entender qual a relação entre a garrafinha e a relação de conservação de massa, o estudante diz que é necessário tem dois reagentes, isso também é observado em outra pesquisa, a qual cita que os estudantes dizem que é necessário ter duas ou mais substâncias para que haja uma transformação química (SILVA; SOUZA; MARCONDES, 2008).

Os Alunos 11 e 15 também concordam que nem sempre as reações mantêm sua massa. Aluno 11 disse: “Conclui que na maioria das vezes os reagentes pesam igual ao produto. Como no experimento que nós fizemos”, Aluno 15 disse: “Entendi que na maioria das vezes a massa dos produtos é igual a massa dos reagentes.”

Notou-se, portanto, que há uma clara divisão entre os que dizem que massa se conserva sempre e aqueles que, mesmo com a aula, ainda duvidam da conservação de massa em todos os casos. Mas, claro, não será com uma aula de ciências que eles compreenderão a conservação da massa, uma vez que existem diversos obstáculos que devem ser vencidos, assim como diz Bachelard (1996, p.18): “[...] aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado”, esses alunos têm que enfrentar os velhos pensamentos, os quais estão habituados, sendo esse um processo desgastante, lento e que, principalmente, contradiz suas certezas. Logo, é natural que não se alcance todos os resultados para a aula.

A última questão utilizada para avaliar a o método de experimentação investigativa está descrita na Tabela 4.

**Tabela 4: Terceira pergunta depois da segunda aula.**

Por que a massa aumenta na queima da palha de aço? Como isso se relaciona as transformações químicas?	Quantidade de Alunos
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

<b>A-desaparecimento</b>	Diz que numa reação química a massa simplesmente aumenta.	0
<b>B- deslocamento</b>	Menciona que na reação química o produto sai do ar e vai para a palha de aço sem mencionar a transformação ocorrida.	13
<b>C-modificação</b>	Fala que a queima da palha de é uma mudança de estado físico ou alguma transformação visual.	2
<b>D-transmutação</b>	Diz que a energia forneceu massa a reação química.	1
<b>E- transformação química</b>	- Confirma que há uma transformação ocasionada pela combinação, ligação ou reação entre produtos.	16
<b>Outros</b>	Não há como afirmar se houve erro conceitual.	1

Sobre essa questão, 13 alunos responderam de forma semelhante ao Aluno 3: “Aumenta porque quando ele está se queimando ele absorve ar, fazendo assim aumentar o peso”, Aluno 21: “Porque entra oxigênio, porque o oxigênio aumenta o peso”, Aluno 25: “Pois entra o oxigênio“, Aluno 34: ”Quando o oxigênio entrou aumentou a massa” e Aluno 4: “Aumenta porque quando queima o ar entra dentro da palha de aço e forma uma substância nova assim é uma transformação química”. Observe que esses alunos imaginam que uma transformação química é quando algo entra, se junta ou se mistura a outro reagente, evidenciando novamente a confusão entre uma mistura e uma reação, e uma reação química de uma transformação física. Essa ideia, dentro das categorias de Anderson, enquadra-se mais fortemente a categoria B-deslocamento, isso porque existe a ideia de que o reagente vai para dentro do outro, que eles se juntam, contudo esses alunos não estão pensando microscopicamente o porquê isso ocorreu, apenas imaginam que aconteça esse deslocamento e basta.

E mais que isso, pode-se fazer outra análise, segundo Mortimer e Miranda (1995), os alunos são capazes de atribuir a causa da transformação química, no caso o oxigênio. Todavia ao falarem: “misturou, entrou e juntou” expõe ideias que exista na reação um “agente ativo” e outro “agente passivo”, no exemplo, as falas dos alunos tendem a citar que o agente ativo é o oxigênio, o qual atua sobre a palha de aço. Ou seja, para esses autores, a ideia de deslocamento pode ter inúmeras causas, mas no final os alunos não são capazes de atribuir o papel das interações entre as substâncias que estão reagindo.

Dois alunos, apresentam uma outra visão, dizem, Aluno 30: “Porque ela se expande sua massa e forma e se transforma”. Essa ideia remete o pensamento que a reação química se resume a uma transformação visual e eles podem ser

classificados por C-modificação, já que se preocupam mais pelo aspecto visual da reação.

Outro aluno argumenta utilizando energia, Aluno 37: “Oxigênio e a energia se transformam aumentando o peso”, para ele a reação ocorre porque além do oxigênio há a adição de energia. Essa é uma ideia comum dos estudantes e se encaixa na categoria D-transmutação, pela qual a energia vira matéria e matéria vira energia e, dessa forma, é capaz de aumentar a massa final observada.

Por outro lado, outros estudantes responderam das seguintes formas, Aluno 1: “Aumenta porque ela foi exposta a uma nova substância formando uma nova reação se relaciona porque ocorre transformação química”, Aluno 2: “Porque o oxigênio vira um reagente. Sua aparência muda se transforma e sua massa muda”, Aluno 13: “Porque entra o oxigênio, que depois de transformado ele não volta mais ao normal”, Aluno 15: “Pois tem a ação do ar na reação”, Aluno 42: “Porque para que ocorra a queima é preciso de oxigênio, como o oxigênio possui massa, juntando o elemento com oxigênio ele se torna mais pesado, se relacionam a transformação quando dois ou mais substâncias se juntam formando uma só” e Aluno 44: “Pois entra gás oxigênio, se relaciona que ela continua com a mesma massa somente muda de aparência”.

Observou-se que esses estudantes conseguiram relacionar o aumento de massa à combinação com o oxigênio ou com o ar, embora as respostas assemelhem-se com a categoria B-deslocamento por utilizarem termos como: juntou ou combinou, eles são tratados como categoria E-transformação-química porque relatam a reação e/ou a transformação ocorrida e alguns citam a irreversibilidade da reação ocorrida. Como o Aluno 42, ele consegue perceber que a reação só ocorreu porque há a presença de oxigênio e que essa molécula tem massa, todavia o mesmo confunde a ideia que a reação ocorre porque há dois produtos para reagir, um erro comum e que pode ser resolvido ao longo da vida escolar do estudante. Mesmo assim, 16 alunos responderam de forma análoga aos trechos citados, o que pode indicar que estejam entendendo aos poucos como a conservação de massa está relacionada à transformação química.

## 5.2 ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES

Pretendeu-se neste tópico analisar o desenvolvimento dos estudantes, isto é, dentro das categorias de Anderson (1990), observar se há uma melhora nos usos dos conceitos científicos e forma pela qual são capazes de explicar os fenômenos em questão.

Para isso, escolhe-se as questões a baixo porque, embora relacionadas à aula, não têm uma resposta rápida e direta, ou seja, o aluno deveria abstrair para responder a questão, tentando relacionar os conceitos aprendidos às questões aplicadas. Além disso, utilizou-se as questões aplicadas antes da aula e depois da aula, observando se há mudanças em suas respostas e, dessa forma, concluir se houve evolução nos conceitos científicos.

### 5.2.1 Antes da Aula

Para discutir as questões elaborou-se para a primeira pergunta a Tabela 5.

**Tabela 5: Categorias e respostas para a pergunta antes da primeira aula.**

	<b>Um carro pesa 1000 kg. Ele é abastecido com 50 kg de combustível. O carro é dirigido até que o tanque de combustível fique vazio. O carro volta a pesar 1000 kg. Aproximadamente, qual é a massa dos gases de escape expelidos durante a perda de peso do carro? Por favor, explique com suas palavras como você imagina que ocorre esse processo.</b>	<b>Quantidade de Alunos</b>
<b>A-desaparecimento</b>	Diz que o combustível vai acabando conforme o carro vai se movendo.	17
<b>B- deslocamento</b>	O combustível é deslocado do tanque para o ar.	0
<b>C-modificação</b>	Cita que o combustível evaporou, vaporizou ou menciona um efeito da reação.	4
<b>D-transmutação</b>	Cita que o combustível se transformou em energia e gás.	1
<b>E- transformação química</b>	Declara que o combustível sofreu combustão, transformando-se em mais de 50 kg de gás.	2

Dentre as respostas mais observadas estão aquelas parecidas com os dos alunos 3, 12, 23 e 38, são elas: Aluno 3: “O peso normal do carro é de 1000 kg.

Conforme o carro vai andando os 50 kg de combustível vai acabando, onde pode entrar ar, fazendo ele voltar ao peso de 1000 kg como inicialmente”, Aluno 12: “50 de massa, o carro vai andando e queimando o combustível, entrando ar, o que faz o carro voltar ao peso inicial”, Aluno 23: “50 kg perde” e Aluno 38: “São expelidos durante a perda de peso 50”. Observou-se por essas respostas que os alunos tendem a responder que o combustível vai acabando, perdendo ou queimando, todos termos genéricos que não remetem a qualquer conceito transformação química, ou seja, predomina a ideia que o combustível desaparece e que, portanto, são classificados na categoria A-desaparecimento. Somados os classificados, tem-se 17 alunos nessa categoria.

Quatro alunos responderam das seguintes formas Aluno 24: “Ele vira uma cinza, fica queimada”, Aluno 25: “São expelidos 50 kg de combustível”, Aluno 26: “São eliminados 50 kg de massa de gases de gasolina” e Aluno 31: “50 kg, ocorre a combustão que gera um grande calor ocasionando a evaporação”. Esses alunos explicam o ocorrido de forma pela qual se prendem ao que acontece numa reação de combustão, ou seja, pelos efeitos visíveis dela, por exemplo, o Aluno 24 que utilizou o termo fica queimada. Os demais, por outro lado, discutem através da transformação física, isso porque eles explicaram que o que é expelido é o próprio combustível na forma de vapor ou gás, sem pensar em como ocorre um processo de combustão. Vê-se que por esses motivos eles podem ser categorizados na categoria C-modificação, uma vez que não pensam no processo de transformação química e, sim, pensam na transformação física.

Apenas um aluno citou a energia, Aluno 1: “Ele perdeu 50 kg pois ocorreu a reação químicas fazendo a vira em energia para o carro anda”. Para ele, o combustível se transformou em energia, essa ideia é considerada dentro das categorias de Andersson (1990) como D-transmutação, na qual matéria se transforma em energia, sendo um efeito impossível já que a energia é um efeito da reação, mas não um produto. Existe clara confusão entre matéria e energia, a qual é discutida por outros autores como, por exemplo, Barbosa e Borges (2006), os quais citam, dentre outros erros conceituais, que os alunos tendem a entender que a energia pode ter atributos humanos, tais como realizar atividades ou ainda que a energia pode ser uma substância, atuando como um ingrediente ou um subproduto

da reação química. Logo, nota-se que o conceito de energia é muito complexo, sendo natural entrá-lo com grandes falhas científicas nesse trabalho.

Por fim, outros dois estudantes emitiram as seguintes falas: Aluno 33: “Foram expelidos 50 Kg de massa de gases” e Aluno 34: “São expelidos 50 kg de gás”, nota-se que eles não foram capazes de notar que mais de 50 kg de massa foi expelida durante a combustão, pois ocorre uma oxidação e com isso se adiciona a massa de oxigênio molecular à reação. No entanto, eles foram capazes responder que são expelidos gases e não a gasolina, o que pode evidenciar, diferentemente dos outros estudantes, que eles pensaram na transformação ocorrida durante o processo de combustão, sendo eles os que mais se aproximaram do nível E-transformação-química.

Antes da segunda aula também foi aplicado uma pergunta, a qual juntamente com suas categorias estão detalhadas na Tabela 6.

**Tabela 6: Categorias e respostas para a pergunta antes da segunda aula.**

	<b>O que acontece com uma substância quando ela queima?</b>	<b>Quantidade de Alunos</b>
<b>A-desaparecimento</b>	Diz que a substância some.	1
<b>B- deslocamento</b>	Cita que o oxigênio entra na substância.	0
<b>C-modificação</b>	Cita que a substância evaporou, vaporizou ou menciona um efeito da reação.	32
<b>D-transmutação</b>	Cita que a substância se transformou em energia e gás.	1
<b>E- transformação química</b>	- Declara que a substância sofreu combustão, cita o papel do oxigênio na transformação	4

Sobre as respostas à pergunta o Aluno 13 disse: “Ele desaparece, por exemplo o papel”, nota-se que na concepção dele a uma substância ao ser queimada some, vai desaparecendo conforme a chama se propaga, por esse motivo esse aluno vou classificado dentro das categorias de Andersson (1990) como A-desaparecimento.

Muitos estudantes, 32 deles, responderam como os Alunos 1, 3, 9, 16, 21, 23, 31 e 42. Aluno 1: “Ela vai se desintegrando pois as células vão morrendo por exemplo: Se eu queimar um papel, ele vira cinza e não volta a ser a mesma”, Aluno 3: “Dependendo da substância ela vai se decompor, e não vai ser mais a mesma,

por exemplo um papel, se eu queimá-lo ele vai virar cinzas, onde eu não consigo mais voltar ao seu formato inicial”, Aluno 9: “Quando ela for queimada ela vira pó”, Aluno 16: “Depois que queima ela se decompõe”, Aluno 21: “Ela muda de cor”, Aluno 23: “Diminui a massa quando queima”, Aluno 31: “Muda de massa e aspecto” e Aluno 42: “Quando queima através da temperatura conforme o estado em que ela se constitui, no caso sólido ocorre processo de fusão e em líquidos o de evaporação, solta odor, e em sólidos muda de cor, ficando preto”. Observou-se nessas respostas um padrão, para eles a combustão sempre está relacionada ao processo de mudança de aparência, portanto, eles podem ser classificados na categoria C-modificação, pois preocupam-se com o efeito da transformação química.

Porém, vale discuti-los um pouco mais, por exemplo, o Aluno 42 disse que a queima promove a mudança de estado, o que também é comum quando se discute a combustão, há uma ideia que o calor surge da chama, e não que é um efeito da quebra das ligações químicas, o que demonstra que eles não estão pensando na reação, e sim apenas nos seus efeitos. Isso é um erro que envolve desde a pouca compreensão de conservação de massa até conceitos incorretos sobre energia. Também há outro erro conceitual, do Aluno 23, para ele a queima de uma substância diminui a massa, isso já foi observado em outro estudo, sendo uma das formas de resolver tal problema é executar a queima da palha de aço, a qual foi promovida depois dessa pergunta. (MORTIMER; MIRANDA, 1995)

O Aluno 15 fala sobre calor, disse ele: “Ela vira calor”, novamente aparece a ideia de que substâncias químicas são transformadas em calor, ela pode ser enquadrada na categoria D-transmutação.

Por outro lado, os alunos 4, 36, 37 e 39 abstraíram mais suas respostas como podem ser observados a seguir. Aluno 4: “A substância não vai ser mais a mesma, e ela vai começar a se decompor e se transformar em algo novo”, Aluno 36: “Ela vira um produto, não volta mais a ser o que era”, Aluno 37: “Ele muda e não volta mais ser o que era” e Aluno 39: “Ela vira um produto, se transforma”. Os alunos citados descrevem a queima como um processo em transformação, diante disso, pode-se dizer que conseguiram chegar mais perto do nível E-transformação-química, uma vez que foram capazes de reconhecer o papel da queima e irreversibilidade desse ato.



Deste modo, chega-se as considerações que os alunos antes da aula encontraram dificuldades para compreender a conservação de massa e transformação química. Logo, a aula é de fundamental importância para discutir os principais erros conceituais prévios dos estudantes, os quais foram analisados antes e depois da aula, dispondo-os em comparação.

### 5.2.2 Depois da Aula

As questões escolhidas para analisar o pós-aula estão descritas abaixo em suas respectivas tabelas.

Para primeira questão elaborou-se a tabela 7.

**Tabela 7: Categorias e respostas para a pergunta antes da segunda aula.**

	<b>“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. De que forma a frase se relaciona com a massa dos produtos e dos reagentes?</b>	<b>Quantidade de Alunos</b>
<b>A- desaparecimento</b>	Diz a massa na reação diminui.	0
<b>B- deslocamento</b>	Menciona que massa se conserva, porque explica a reação com uma mistura.	9
<b>C- modificação</b>	Fala que massa é alterada através da mudança de estado físico ou alguma transformação visual.	1
<b>D- transmutação</b>	Cita a energia como uma substância na reação química.	4
<b>E- transformação química</b>	- Confirma que massa se conserva e fala sobre os efeitos da transformação química.	19
<b>Outros</b>	Não há como afirmar se houve erro conceitual.	6

Notou-se que não houve respostas relacionadas a categoria A- desaparecimento, isso é muito bom pois pode evidenciar que os alunos são menos ingênuos sobre a transformação química, desconectando seu pensamento ao simples aparecer ou sumir uma substância.

No entanto, 9 alunos relacionaram suas respostas das seguintes formas apresentadas como, por exemplo, pelos alunos 6 e 18, Aluno 6: “Transformação química dos produtos quando estão juntos” e Aluno 18: “Que só a transformação química dos produtos quando estão juntos”. Esses alunos apresentam a ideia que a

transformação química ocorre quando se juntam substância, ou seja, passam a ideia de que ela se trata de uma mistura e não são capazes de perceber a interação ocorrida para que ocorra a reação.

O Aluno 3 disse o seguinte: “Como vimos no experimento a massa se transformou, aumentando 1 grama quando ocorreu a transformação química, onde se modificou”. Assim como outras vezes, os alunos tendem a acreditar que a transformação química é quando há a mudança perceptível visualmente, e por isso ele é categorizado como C-modificação.

Outros quatro estudantes justificam essa questão mencionando a energia, como pode ser observado nas respostas dos alunos 36 e 38. Aluno 36: “O oxigênio e a energia se transformam aumentando a massa” e Aluno 38: “O oxigênio e a energia se transformam e ganha peso”. Eles conseguem reconhecer a causa do aumento de massa, o oxigênio, mas passam a tratar a energia como um ingrediente do processo, diante disso, pode-se classificar seu pensamento como a categoria D-transmutação.

Por outro lado, 19 alunos conseguiram explicar o fenômeno com mais conceitos químicos, como pode ser observado nas respostas dos Alunos 1, 2, 4, 5, 12, 14, 40 e 42. Aluno 1: “Que não foi criada e sim transformada através das reações químicas, Aluno 2: “Que o produto pode se modificar, que não irá se perder ou mudar de massa”, Aluno 4: “Da mesma forma como vimos no experimento a massa do ferro junta com o ar formou uma nova substância, a substância não foi perdida e sim modificada”, Aluno 5: “Porque ela não muda em nada”, Aluno 12: “Que não se cria nada e sim que transformada através das reações químicas”, Aluno 14: “Que tem transformação química, a massa é igual”, Aluno 40: “Como por exemplo o experimento da garrafa, nada se perdeu, foi transformado”, Aluno 42: “Quis dizer que a massa e seus elementos não mudam, só mudam sua forma e transformado em outra coisa”.

Esses alunos foram capazes de relacionar e alcançar o objetivo da aula, que é perceber que a conservação de massa é o conceito fundamental para compreender a transformação química, uma vez que citam que as substâncias podem mudar, mas a massa não se altera.

A segunda pergunta analisada pós aula é descrita da Tabela 8, bem como as possíveis respostas.

Tabela 8: Categorias e respostas para a segunda pergunta depois da segunda aula.

Na reação abaixo, qual a massa do produto D?				Quantidade de Alunos
Massa dos reagentes		Massa dos produtos		
A	B	C	D	
15g	13g	10g	x	
<b>E- transformação química</b> - Diz que foram formados 18 gramas.				32
<b>Inconclusiva</b> Não há como afirmar se houve erro conceitual.				3

Sobre essa pergunta, a maior parte dos alunos, 32, conseguiu dizer que a massa do produto D é 18 gramas. Embora não colocaram a unidade a questão foi considerada satisfatória, pois eles ainda estão aprendendo a utilizar as unidades de medida.

Três alunos, em contra partida, não conseguiram interpretar a questão, responderam da seguinte forma, Aluno 3: “Massa dos reagentes é igual a massa dos produtos”, mesmo que esse fosse o pressuposto para resolver o problema, eles não foram capazes de aplicar o conhecimento na resolução do problema, e por isso suas respostas foram desconsideradas.

A quarta questão depois da segunda aula está descrita na Tabela 9, assim como suas possíveis respostas dentro das categorias de Andersson (1990).

Tabela 9: Categorias e respostas para a quarta pergunta depois da segunda aula.

	Como as transformações podem interferir nos recursos naturais do nosso planeta?	Quantidade de Alunos
<b>A- deslocamento</b>	Porque diminui a matéria-prima.	1
<b>B- deslocamento</b>	Fala que afeta porque eles foram misturados ou juntados.	3
<b>C-modificação</b>	Fala que afeta porque eles foram misturados ou juntados.	1
<b>D-transmutação</b>	Diz que um elemento se transforma em outro, ou seja, uma substância se torna outra sem considerar a combinação entre os elementos.	0
<b>E- transformação química</b>	Diz os recursos são transformados em outras substância e que é dificultoso seu processo de reciclagem.	20
<b>Inconclusiva</b>	Não há como afirmar se houve erro conceitual.	7

O Aluno 13 respondeu assim: “Porque gasta os recursos”, uma frase bem curta e simplista, pois para ele o que ocorre é apenas uma falta de recursos, então não se pode afirmar que ele pensou na reação química e na conservação de massa para concluir isso, já que ele não os menciona. Essa resposta foi classificada na categoria A-desaparecimento.

Três estudantes responderam da seguinte forma: “Porque depois que junta, é difícil voltar ao que era antes”, novamente observa-se uma confusão entre reagir e misturar, como já observado neste trabalho e também por outros pesquisadores como Filho e Celestino (2010), os quais citam que os alunos apresentam dificuldades para diferenciar mistura de reação. De toda forma, eles foram categorizados como B-deslocamento. Em contrapartida, pode-se comparar a respostas, e perceber que esses termos diminuíram após a segunda aula.

O Aluno 15 disse: “Pois não voltará a ser igual”, nota-se nesta resposta que o estudante se prende a parte física do processo de transformação química, ou seja, aquela em que ele consegue visualizar, ele não apresenta a dimensão de que algumas reações não apresentam qualquer efeito visual, e mesmo assim estão ocorrendo continuamente. Então, o Aluno 15 pode ser classificado como C-modificação porque utiliza os efeitos visuais para explicar a reação.

Por outro lado, muitos estudantes foram capazes de utilizar novos conceitos científicos, como ser observado nos alunos 1, 2, 4, 7, 19, 40 e 43. Aluno 1: “Porque elas são exposta a nova substância se modificando e criando novas reações perdendo seu estado inicial”, Aluno 2: “Existem pontos bons, por exemplo a reciclagem de alguns materiais (ferro, metal, plástico) e transformar em algo útil. E existe pontos negativos como a queimada de floresta, assim ficamos sem árvores que nós proporciona o oxigênio e ainda polui o ar”, Aluno 4: “Porque elas podem se modificar perdendo seu formato inicial fazendo mal ao planeta”, Aluno 7: Que depois de uma transformação difícil voltar ao que era antes. Como queimar um tronco ele não vai voltar ao normal”, Aluno 19: “Porque quando uma coisa transforma ela não pode voltar ao normal sozinha, algumas coisas podem com ajuda da energia”, Aluno 40: “Tudo que é transformado continua na natureza, nada se perde” e Aluno 43: “Tem os pontos bons e ruins, os bons é que as transformações ajudam para vivermos melhor, como reciclar lixo e transformar em brinquedos, e os ruins que é o

desmatamento, queimadas”. Eles foram, pelo carácter de suas frases, classificados como E- transformação-química.

No total 20 alunos deram respostas como essas, mencionando o papel das transformações química na sociedade, pois, pelas respostas, pode-se evidenciar que eles compreenderam que as transformações estão em inúmeros lugares, e seus efeitos podem ser mais ou menos benéficos, como o Aluno 2 que diz que a queimada irá contaminar o ar e ainda cita o papel que a árvore deixa de executar, que é a liberação do oxigênio. Isso é, segundo Engelmann (1996), uma visão maniqueísta, a qual prega o mundo de uma forma dualista, dessa forma, a ciência pode ser dividida em um princípio bom e um princípio mau. E, por isso, os estudantes classificam as reações como maféticas/benéficas ou contrutoras/destruidoras, uma vez que essa visão ainda se perpetua na ciência.

Outro argumento interessante é o do Aluno 19, que menciona sobre a reversibilidade das reações, assim como os demais, mas sendo apto a dizer que as reações até podem voltar, mas é necessário a energia. Infelizmente, não é possível, apenas com a frase, afirmar que ele compreende energia, conforme citado muitos confundem energia como mais um ingrediente, mas conseguiu citá-la como fator importante.

A pergunta seguinte era composta por respostas fechadas e que em seguida necessitava ser justificada pelo estudante, sua alternativas foram classificadas nas categorias de Andersson (1990) e estão detalhadas na Tabela 10.

**Tabela 10: Categorias e respostas para a quinta pergunta depois da segunda aula.**

	<b>Um estudante aqueceu 6g de fita de magnésio em um cadinho e queimou para formar um pó branco. No final do experimento, o estudante pesou o magnésio queimado e descobriu que agora pesava 10 g. Por que o peso aumentou?</b>	<b>Quantidade de Alunos</b>
<b>B- deslocamento</b>	a) O oxigênio do ar se misturou com o magnésio, e por causa disso o peso aumentou.	6
<b>C- modificação</b>	b) Quando o magnésio foi aquecido, expandiu-se e assim o seu peso aumentou.	1
<b>E- transformação química</b>	c) O magnésio reagiu com o oxigênio do ar, e por isso o peso aumentou.	18
<b>D- transmutação</b>	d) O magnésio ganhou calor da chama e, por isso, o peso aumentou.	0
<b>Impossível</b>	e) O resultado é impossível. O peso não pode ter aumentado.	0

Sobre essa questão, é importante uma crítica em sua elaboração, o autor dessa questão confundiu um conceito físico ou chamar massa de peso, sendo esse é um erro comum, como cita Assis e Teixeira (2007).

A distribuição das respostas para essa pergunta, foram nas alternativas A, B e C. Pela qual, 6 alunos escolheram a alternativa A, a qual diz que a massa aumentou por causa da mistura entre oxigênio e o magnésio, como é uma simples mistura, e o oxigênio passa a ideia que entra ou se desloca para dentro no metal, essa alternativa está dentro da categoria B- descolamento.

Um estudante selecionou a categoria C- modificação, que corresponde a letra “b” para questão, o qual para ter selecionado essa resposta confundiu um aspecto físico da reação, além de confundir volume com massa.

Ainda sobre a questão da Tabela 10, observou-se que a maior parte dos estudantes, 18 alunos, escolheram a alternativa C, a qual está classificada na categoria E- transformação química, uma vez que essa alternativa refere-se ao fato de descrever uma reação química para explicar o fenômeno.

Por outro lado, quando foi pedido que descrevessem o porquê da resposta, houve certa surpresa, já que apenas 6 estudantes conseguiram justificar sua resposta dentro da Categoria E- transformação química. Como pode ser observado, Aluno 10: “O ar se ligou ao magnésio”, Aluno 15: “O magnésio reagiu com alguma coisa”, Aluno 17: “Ele ganha massa então o magnésio se combina com ar” e Aluno 42: “O magnésio reagiu com o oxigênio do ar, e isso faz a massa aumentar”. Por aqui foi considerado que reagiu era sinônimo de ligar e combinar, por ressaltar que por esses termos há uma interação entre os elementos.

Os demais estudantes se distribuíram entre as outras categorias ou não justificaram suas respostas. Três estudantes consideraram o papel da energia ao processo, como pode ser observado na resposta 37: “O oxigênio e a energia se juntam, eles reagem formando um produto mais denso do que o inicial”, para ele a energia é como um ingrediente da reação e que funciona para aumentar a massa, além disso há outra confusão entre massa e densidade.

Mas novamente aparece a confusão entre misturar e reagir, como pode ser vista nas respostas de 15 estudantes, como o Aluno 1: “Porque foi junto formando uma nova reação química”, Aluno 2: “Porque o ar se juntou com o magnésio”, Aluno

3: “Pois o ar se juntou com o magnésio, fazendo aumentar o peso”, Aluno 4: “Porque o ar se juntou com o magnésio e formou uma substância nova”, Aluno 5: “Ela aumenta a massa porque absorve ar”, Aluno 7: “Porque entrou oxigênio”, Aluno 13: “Ela aumentou a massa e mudou a coisa. Ela aumenta a massa porque dissolve o ar”, Aluno 36: “O oxigênio se junta com a massa” e Aluno 42: “O ar deve ter entrado”. Notou-se nas respostas que eles foram capazes de descrever o papel do ar na reação química, o que é, de fato, um grande avanço, uma vez que começam a pensar os componentes do ar numa reação.

Mesmo embora as respostas sejam com carácter ainda materialista, ou seja, C-modificação pois estão muito presas as modificações e efeitos das transformações química, eles já têm uma base para aprofundar o que lhes faltam, que é desenvolver a diferenciação entre a mistura e reação química, uma vez que a aula lhes proporcionou fundamento para pensar nos reagentes e que eles estão em constante transformação química.

Sobre as considerações finais do questionário pós aula, é possível dizer que eles ainda apresentam erros conceituais sobre a conservação de massa e transformação química, porém conseguiram se desenvolver para adquirir novos conhecimentos. E se deve lembrar as palavras de Bachelard (1996), o qual afirma que aprender é lidar com o velho conhecimento, sendo um processo lento e doloroso, portanto, essas aulas serviram para iniciar um longo processo no entendimento da conservação da massa e posteriormente sua compreensão e papel dentro da transformação química e que irão gradualmente inserindo o estudante na ciência química.

Sobre a experimentação investigativa, foi possível observar os melhores resultados, o que pode sugerir que os estudantes puderam se engajar e, diante disso, obtiveram melhores resultados.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do trabalho e demais discussões com a literatura, observou-se que esse tema sempre foi e continuará sendo de grande complexidade aos estudantes, logo se faz necessário que tanto os alunos quanto os professores se dediquem a compreender o tema.

Compreende-se também que o método investigativo foi essencial para discutir as hipóteses e foi, em grande parte, o provedor de conhecimento do conteúdo. Porém, por ser tratar de um assunto tão complexo é preciso entender que as lacunas não serão resolvidas em poucas aulas e por isso sobram muitos erros conceituais. Mas, ainda sim, considerou-se, após as análises, que o método é vantajoso, especialmente, pela baixa carga horária que a disciplina de química dispõe em sala de aula para ensinar os conceitos necessários. Sendo essa metodologia um aporte rápido e acessível para instrumentalizar o professor nesse e em outros conteúdos.

Essa pesquisa tem caminhos para sua continuidade, uma vez que os estudantes ainda têm dificuldades para compreender que em todas as reações químicas a massa se conserva, bem como distinguir claramente mistura/reação, densidade/massa e visão maniqueísta que os alunos dão às reações químicas.



## 7 REFERÊNCIAS

ANDERSSON, B. Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). **Studies in Science Education**, v. 18, n. Studies in Science Education, p. 53–85, 1990.

ANDERSSON, B.; RENSTRÖM, L. How Swedish pupils, age 12-15, explain the “exhaust” problem. **Available from EKNA-group, University of Göteborg, Department of Education**, v. v. 1010, 1983.

ASSIS, Alice; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baierl. Dinâmica discursiva e o ensino de física: análise de um episódio de ensino envolvendo o uso de um texto alternativo. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 2, p. 1-17, 2007.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 182–217, 2006.

BROW, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química, a ciência central**. 9ª ed. São Paulo: Person, 2005.

**Curso Superior - Licenciatura em Química**. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/medianeira/cursos/licenciaturas/Ofertados-neste-Campus/licenciatura-em-quimica>>.

DE OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente/Contributions and approaches of the experimental activities in the science teaching: Gathering elements for the educational practice. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139–153, 2012.

ENGELMANN, Arno. A produção científica e o maniqueísmo. **Cadernos de Psicologia**, v. 2, n. 1, p. 23-38, 1996.

FILHO, J. R. DE F.; CELESTINO, R. C. S. Investigação da construção do conceito de reação química a partir dos conhecimentos prévios e. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 15, p. 187–198, 2010.

GALIAZZI, M. D. 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.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 1. ed. São Paulo: EPU, 1986.

MOTTA, C. S. et al. **Experimentação investigativa: indagação dialógica do objeto aperfeiçoável** Águas de Lindóia Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, , 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1187-1.pdf>>

PADILHA, N. J.; CARVALHO, A. M. P. A experimentação nas aulas do ensino fundamental. **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, v. 2, p. 2011–2020, 2011.

ROCHA, Z. M. et al. **A Química no Universo dos Alunos do Ensino Médio**. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...**2005

ROSA, M. I. DE F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, v. 8, p. 31–35, 1998.

SCHNETZLER, R. P. A Pesquisa em Ensino De Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas a Pesquisa em Ensino de Química e a Didática das Ciências. **Quim. Nova**, v. 25, n. 1, p. 14–24, 2002.

SILVA, E. L.; SOUZA, F. L.; MARCONDES, M. E. R. “ Transformações químicas ” e “ transformações naturais ”: um estudo das concepções de um grupo de estudantes do ensino médio. **educación química**, p. 114–120, 2008.

## ANEXO A

**Pergunta Inicial primeira aula:**

1. Um carro pesa 1000 kg. Ele é abastecido com 50 kg de combustível. O carro é dirigido até que o tanque de combustível fique vazio. O carro volta a pesar 1000 kg. Aproximadamente, qual é a massa dos gases de escape expelidos durante a perda de peso do carro?

**Perguntas Finais primeira aula:**

1. Porque precisamos fazer o experimento dentro da garrafinha?
2. Porque a massa diminui ao abrir a garrafinha?
3. O que você concluiu com essa aula?

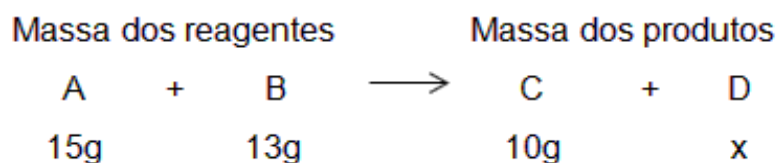
**Pergunta Inicial segunda aula:**

1. O que acontece com uma substância quando ela queima?

**Perguntas Finais primeira aula:**

1. “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. De que forma a frase se relaciona com a massa dos produtos e dos reagentes?

2. Na reação abaixo, qual a massa do produto D?



3. Por que a massa aumenta na queima da palha de aço? Como isso se relaciona as transformações químicas?

4. Como as transformações podem interferir nos recursos naturais do nosso planeta?

5. Um estudante aqueceu 6g de fita de magnésio em um cadinho e queimou para formar um pó branco. No final do experimento, o estudante pesou o magnésio queimado e descobriu que agora pesava 10 g. Por que o peso aumentou?

- a) O oxigênio do ar se misturou com o magnésio, e por causa disso o peso aumentou.
- b) Quando o magnésio foi aquecido, expandiu-se e assim o seu peso aumentou.
- c) O magnésio reagiu com o oxigênio do ar, e por isso o peso aumentou.
- d) O magnésio ganhou calor da chama e, por isso, o peso aumentou.
- e) O resultado é impossível. O peso não pode ter aumentado.

Por favor, explique sua escolha:

## ANEXO B

**Programa do minicurso/Metodologia Detalhada (liste as aulas que serão ministradas, seu conteúdo, seus objetivos, sua forma de avaliação e o tempo a elas dedicado).**

<b>Tempo da aula (min.)</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Conteúdo a ser explorado</b>
50	Observar que a massa dos reagentes é igual a dos produtos	Sistema fechado e conservação
50	Compreender que a massa pode aumentar ou diminuir em um sistema aberto	Sistema aberto e a variação de massa

### 1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA:

Inicialmente se mostrará um vídeo da transformação de uma maçã, onde ocorre a decomposição do alimento ao longo de inúmeros dias. Até o término do vídeo, eles serão questionados sobre o descarte de lixo, e como as reações químicas transformam os materiais. Sendo que alguns são processos irreversíveis.

### 2. SISTEMA DE DIMINUIÇÃO DA MASSA

Esta etapa da atividade será proposta ao estudante à construção de um sistema onde não haja perdas para o ambiente. , utilizando-se de reações que perfazem uso de reagentes como: Bicarbonato de Sódio e Ácido Acético Aquoso (Vinagre). A turma de quarenta e quatro alunos será dividida em oito grupos de 5 estudantes.

Cada grupo deverá construir um sistema sem percas para o ambiente com os materiais disponibilizados em bancada pelo professor. O material disponibilizado sugere que o experimento em sistema aberto seja feito em uma garrafa PET também disponibilizado para cada grupo. O estudante deverá observar que o

Bicarbonato de Sódio ao entrar em contato com o Ácido Acético Aquoso (Vinagre) provocará uma reação química que pode ser notado pela efervescência e a liberação de gás em ambos os sistemas.

Para a construção do sistema será deixado a livre escolha dos estudantes o recipiente que melhor se enquadra a um sistema sem percas (espera-se que o recipiente escolhido seja a garrafa PET). Em seguida, almeja-se a discussão de como organizar esse sistema onde o estudante terá a possibilidade de propor uma forma para o mesmo.

É importante ressaltar aos estudantes que os reagentes devem inicialmente estar separados dentro da garrafa antes da reação, pois será necessário aferir a massa de todo o sistema em balança semi analítica.

Após estabelecer que os reagentes devem estar contidos dentro da garrafa PET, iremos propor os estudantes que coloquem uma determinada quantidade de bicarbonato de sódio dentro da garrafa de modo que este fique ao fundo do recipiente.

Do mesmo modo, certo volume de Vinagre também deverá estar contido dentro de um tubo de ensaio que tem a função de evitar que a reação ocorra inicialmente dentro da garrafa PET de forma que não entre contato com o bicarbonato de sódio.

O Estudante será levado a aferir a massa desse sistema com dois reagentes antes de qualquer reação química. Após aferição da massa do sistema se presente propor aos estudantes para que os reagentes entrem em contato dentro do sistema com a garrafa fechada a fim de provocar uma reação química. Em seguida será pedido que abram a garrafa e pesem novamente o sistema.

### 3. SISTEMA COM AUMENTO DA MASSA

Nesta etapa será proposto aos estudantes queimarem uma palha de aço e observar a variação de massa. Para isso eles precisarão primeiro pesar o pedaço de amostra antes e depois da queima. Posteriormente o começaram a criar hipóteses para a massa ter aumentado e não diminuído como na experiência anterior.

### 4. FALAS:

**Antes do experimento:**

Apresentação do vídeo, decomposição da maçã.



Disponível: <https://www.youtube.com/watch?v=U7S7bKThGb8>.

O que acontece no vídeo? O que a maçã descartada se torna?

O que aconteceu do início até o final do vídeo?

O que ocorre nos lixões? Como o lixo se decompõe? Como o volume de lixo, diminui ou longo dos meses/anos?

Se pesássemos a massa no início e no final do vídeo será que a massa seria a mesma?

**Quadro: maçã + bactérias → menos lixo + gases**

**Lixo → menos lixo + gases**

E em outra reação química, a preparação de um bolo, escrevendo de forma semelhante:

**Quadro: reagente → produto**

**ovo + farinha + leite + óleo + fermento → bolo + CO<sub>2</sub>**

O CO<sub>2</sub> é o responsável por fazer o bolo crescer. Os “furinhos” são vestígios de uma reação química, onde os produtos foram momentaneamente aprisionado.

Vocês conseguem notar que na reação acima a maçã se transforma? Os ingredientes se transformam em um bolo? Se pudéssemos aprisionar todo o gás e

pesá-lo, o que será que obteríamos? Que tal fazermos uma reação parecida onde existe o desprendimento de gás?

Com os materiais dispostos em bancada, como poderíamos fazer uma prática onde não houvesse percas para o meio, seja ele vapor, gás... Onde conseguíssemos aprisionar uma reação.

### **Após a escolha da garrafa PET como recipiente fechado:**

Dentro da garrafinha realizaremos uma reação, o bicarbonato de sódio e o vinagre. E como podemos fazer a reação dentro da garrafinha? Se eu misturar antes, pode ocorrer uma reação, e com isso percas. Seria possível conseguir fechá-la e depois fazer a reação? O que vocês têm disponível? Seria possível isolar os reagentes dentro da garrafa?

### **Depois que eles sugerirem que o vinagre fique no tubo de ensaio:**

Muito bem, conseguimos isolar os reagentes. E agora pergunto a vocês, se pudéssemos pegar o sistema que vocês montaram antes da reação química ocorrer, e depois com a formação dos produtos, pesando-os nas duas etapas. Vamos? O que observaram? Faz algum sentido? Quem pode dar um palpite?

### **Posterior a abertura da garrafa, e pesando-a.**

Então pudemos notar que a massa se manteve nos reagentes até os produtos, porque ela não variou, certo? Se abrir a garrafinha, e pesá-la novamente, o que acontece? Pausa para respostas.

Porque a massa diminui? Pausa.

Qual produto se desprende? Pausa.

Então o gás tem massa?

Será que poderíamos montar um esquema de reação química?

**Quadro: vinagre + bicarbonato de sódio → líquido + gás**



Vou passar a reação para vocês, pois vocês ainda não conhecem com totalidade os reagentes.



Porque temos que colocar a mesma quantidade de um lado para outro?  
Existem processos onde a massa não se mantém?

### **Realizando a queima da palha de aço**

Relembrando à aula anterior, a garrafinha antes e depois da reação manteve a massa, representando que a massa se conserva em reações químicas, porém ao abrir devido ao desprendimento do gás a massa diminuiu. Agora vamos fazer mais uma reação química a queima da palha de aço.

Como na aula anterior, nós pesamos antes e depois da reação, e agora que vocês já concluíram que a massa se conserva, podemos fazer sem precisar aprisionar a reação.

Certo, vocês pesaram antes e depois da queima, o que aconteceu com a massa?

Porque ela aumentou?

Caso o aluno diga que o fogo faz a massa aumentar:

O fogo faz a massa aumentar? Se eu queimar um papel o que acontece?

O oxigênio do ar é também um reagente?

Então vamos montar essa reação?

Observem a embalagem da palha de aço, do que é constituída?

Aço Carbono. Vocês sabem o que é aço carbono? Pausa. Vamos pesquisar?

Então é composta principalmente de ferro? Vamos escrever na notação de reação química?



$$0,9 \text{ g} \rightarrow 0,11 \text{ g}$$

Se a massa é conservativa, porque existiu essa diferença? Minha reação está completa?

Onde pode estar o outro reagente?

Dar uma respirada funda.

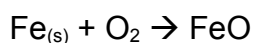
Após os alunos entenderem que o ar participa da reação:

Mas o que tem no ar para poder reagir com o Fe?

Então é oxigênio?

Vamos terminar a reação então?

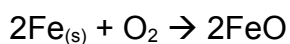
$$0,9 + 0,2 \rightarrow 0,11$$



Agora esta quase lá, se a massa dos reagentes é igual a massa do produto, na reação a cima respeitamos esse conceito?



Podemos também deixar em números inteiros multiplicando tudo por 2



Se pudéssemos fazer todo esse experimento em um recipiente onde não à percas, o que observaríamos da massa?

Vocês hoje puderam ser como cientistas, encontraram um problema e pensaram em hipóteses para resolvê-las, Lavoisier também o fez, e como ele, vocês notaram que massa dos reagentes é igual à massa dos produtos. Porém as moléculas e átomos se agruparam de tal forma que já não podem ser mais o que eram. E a partir dos postulados de Lavoisier, extraiu-se a famosa frase: “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

Como na aula, palha de aço não é mais aquele produto, no entanto agora precisamos extrair mais minérios de ferro para produzir novas palhas de aço. Ao consumir desenfreadamente roupas, e calçados vamos tirar mais matéria prima da natureza e transformar por reações em bens consumíveis, que não retornam mais a ela. Ou mesmo a decomposição deste material pode contaminar nossos lençóis freáticos, rios, terras e alimentos. Então mais cuidado ao comprar ou consumir algo, pois ele não deixa de existir por você jogá-lo fora, apenas se transforma em algo que pode prejudicar a nós mesmo.

**ANEXO C**

Aula 1:

Os alunos vão entrando.

A: Bom dia.

P: Bom dia, hoje a aula será lá no laboratório, eu gostaria que vocês levassem papel, caneta e a mochila.

Passam 6 minutos.

P: Respondam o questionário com sinceridade, essas respostas servirão para serem publicadas e serão base para outros professores compreenderem e utilizarem em suas aulas.

Acomodação dos estudantes.

P: Respondam a pergunta que está no quadro.

Confusão, os estudantes discutem entre si.

A: Professora, a gente vai explodir alguma coisa?

P: Não.

Um vídeo de uma maçã em decomposição de uma maçã é passado aos estudantes.

A: Presta atenção no vídeo.

P: Gente, o que está acontecendo no vídeo?

A: A maçã está murchando.

A: A maçã está apodrecendo.

P: E o que é apodrecer?

A: É decompor.

P: E o que é decompor?

A: A professora faz muita pergunta. Reclama o aluno.

P: Se transformar. Transformar é portanto o processo de...

A: Transformação.

P: Ok. Mas o que vocês estão aprendendo agora com o Professor?

A: Eu não lembro.

P: Eu já vou fazer vocês lembrarem.

P: Mas lembrando o vídeo, não lembram dos conteúdos ministrados?

A: Transformação química.

P: Isso, hoje a aula é sobre transformação química. Tá bem?

A: Tá bem.

P: Então vamos ver uma transformação química. A gente vai...

A: Silêncioooo, pessoal.

P: Galera, por favor, então tá. Aqui aonde temos a maçã, se fossemos escrever em termos reação, o que temos desse lado?

Escreve-se a reação geral de transformações químicas no quadro com a ajuda dos estudantes.

Pausa.

A: Reagentes.

P: E o que temos do outro lado da reação?

A: Produtos.

P: Isso, e em relação a maçã?

Pausa.

P: Você jogou a maçã fora.

A: Professor, eu não sei disso.

Risos.

P: Galera, calma, vamos nos concentrar, preciso de concentração. Você jogou a maçã lá fora, e o que acontece com ela? Ela decompõe como vocês falaram, certo? Como ela decompõe?

Pausa.

P: O que tem no ambiente?

Pausa.

P: Não têm bactérias? Então, as bactérias formam o que? Como a maçã ficou?

A: Podre.

P: Podre, então minha maçã podre é o meu resultado. Mais o que? Quando você sendo alguma coisa apodrecendo, o que você percebe?

A: Fedor.

A: Cheiro.

P: O que é o cheiro? Vocês já pararam para pensar o que é um cheiro?

P: O cheiro é uma substância gasosa, não é? Logo, na reação também temos a produção de gases, então colocamos gases aqui na reação.

Completa-se mais um pedaço da reação química.

P: Existem outros lugares onde há reação química?

A: Eu.

A: Dentro de mim.

A: Bolo.

Pausa e risos.

P: Bolo, bom exemplo, quais são os ingredientes que usamos para fazer um bolo?

A: Ovo, farinha.

A: Leite, óleo, chocolate.

A: Fermento.

P: E o que eu tenho de produto?

A: Um bolo.

P: Bolo? Eu tenho mais alguma coisa no meu bolo? Quem já fez bolo e errou o bolo?

A: Eu.

A: Eu.

P: Quem acerta o bolo, como o bolo fica?

A: Fica fofinho.

P: E se você olhar para dentro do bolo fofinho, o que ele tem de diferente?

Pausa.

P: Ele tem muitos furinhos. Mas o que são esses furinhos?

Pausa e risos.

P: Aqueles são impressões de uma reação química, isso porque quando o bolo é aquecido ele libera gás, e aí aquele gás fica dentro do bolo e vai ocupando espaço e fazendo buraquinhos no bolo, então o bom bolo é aquele que tem a formação de gases, então nós temos a produção de gases. Mas as perguntas que eu tenho para vocês hoje é a seguinte: Se eu pesasse todos aqueles ingredientes antes e depois de assar com o bolo e seus gases, o que aconteceria com a massa desse bolo?

Pausa.

P: Essa é a pergunta que vocês tem que responder hoje.

A: Qual é a pergunta?

P: Eu tenho os meus ingredientes, eu peso todos eles antes de assar, aí eu vou lá coloco ele no forno, ou seja, passo ele por um processo químico, e ele vira aquele bolo, se deu certo, com gases. Se não, vira paçoca e você come, mas mais parece uma borracha.

Risos.

P: Então, é. qual seria a massa desse bolo no final?

A: Menor.

P: Vamos ver, por isso vamos fazer essa aula hoje. Para isso, vamos fazer uma reação similar. Alguém aqui já tomou aquelas pastilhas de ENO? O que acontece?

A: Solta gás.

A: Borbulha tudo.

P: Isso, e vai embora. Como eu poderia fazer com que eu não perdesse ele gás?

Pausa.

P: Eu tenho que usar algum recipiente que eu consiga prendê-los. Como então vocês poderiam fazer? Observem que vocês tem alguns materiais na bancada. O que vocês tem na bancada?

A: Uma garrafa, béquer.

P: Vocês poderiam de alguma forma aprisionar uma reação química aí dentro? Apontou-se para o béquer.

A: Não.

A: Mas tem a garrafa.

P: Isso, mas como agora fazer a reação tem perder nada de massa? Porque precisamos pesar antes e depois da reação. Por que o que vai acontecer quando vocês misturarem o vinagre e bicarbonado de sódio?

A: Vai fazer o tshii..

A: Coloca e fecha rapidinho.

P: Mas vou perder um pouco de massa, como fazer então? Tem outra forma?

Pausa os alunos discutem entre si e com a professora.

P: Vocês precisam isolá-los.

A: Mas eu não sei!

A: Podia colocar o vinagre na tampa.

A: Mas aí já vai vazar.

P: Mas olhem para os materiais que vocês tem, não há nada que possa ser utilizado?

Pausa e discussão:

A: Aí Jesus!

A: Então coloca o bicarbonato dentro do tubo de ensaio e dentro da garrafinha.

P: Tá melhorando! Dessa forma eles já estarão isolado, mas quem flui melhor: o vinagre ou o bicarbonado de sódio?

A: O vinagre.

P: Então o vai dentro do tubo de ensaio?

A: O vinagre.

Aplausos e comemoração.

A: Vamos fazer professora?

P: Vamos! Mãos à obra.

Os alunos começam a fazer o experimento.

P: Só uma coisinha, antes de virar não esqueçam de pesar, tá?

Gritos, discussões e descobertas, os alunos vão rindo e descobrindo a experiência.

A: Quero pesar.

P: Ok, vamos anotar.

Procedimento se repete aos demais grupos. E começam a misturar os reagentes

A: Nossa!

A: Professora, eu coloquei vinagre demais?

P: Um pouco, vamos ver se dará certo.

Um grupo vai pesar na balança.

P: Quando tinha?

A: Tinha 53.

P: Agora têm 52.



A: Nossa!

Outro grupo pesa.

P: Têm 52 gramas.

A: Tinha 54.

A: Acho que é a tampinha.

O aluno que supôs que massa era diferente por causa da tampinha utilizada para pesar, traz a tampa de sua garrafa, pesa e vê que massa diminuiu mesmo.

A: Não é que é o gás que tem dentro pesa.

P: O que aconteceu com o experimento de vocês?

A: A massa diminuiu.

P: Por que a massa diminuiu?

Pausa, muita conversa, nota-se que após o experimento os alunos têm dificuldades para conseguir se engajar no objetivo da aula.

P: Galera! Quem eram os reagentes?

A: O bicarbonato.

A: Vinagre.

P: O que vocês tiveram como resultado?

A: Gás.

A: Líquido.

A: ENO.

A: ENO caseiro.

P: Gás, vocês foram lá.

Muita conversa.

P: Opa, concentração, quero concentração.

Pausa e conversa.

P: Gente.

Pausa e conversa.

P: Galera, aqui.

Apontou-se para um dos experimentos.

P: De quem é esse?

A: Nosso.

P: Quanto tinha e quanto ficou?

A: Tinha 54 e ficou 53.

P: O que, que unidade?

A: Quilograma.

P: Quilograma? Não, grama.

P: Então eu tinha 54 grama, depois que vocês viraram e pesaram o que aconteceu?

A: Aconteceu a reação.

P: Aconteceu a reação, e aí? O que aconteceu com a massa?

A: Ficou a mesma coisa.

P: Porque a massa ficou a mesma coisa?

A: Porque tava fechado.

P: Isso, mas o que significa ele tá fechado?

Pausa e discussão.

P: Gente, vocês observaram que quando vocês viraram a garrafa ficou a mesma massa. E o que podemos concluir com isso?

Pausa, os alunos reclamam entre si.

A: Aí meu Deus do céu...

P: Galera, eu preciso de concentração, se não vocês não vão conseguir entender o que eu estou falando.

P: Olha só, temos 54 gramas, ohh, por favor.

A: Presta atenção, cara!

P: Olha só, eu tinha 54 que eram dos meu reagentes, após virar a garrafinha, eu tinha 54 de novo nos meus produtos. O que podemos concluir então?

A: Que não mudou nada.

P: Então um é igual ao outro?

Pausa.

P: Então, a massa dos produtos é igual a massa dos reagentes?

A: Sim.

P: Então! Se eu tinha 54 e depois tinha 54 de novo o que aconteceu?

Pausa.

P: Uma reação química, uma transformação química. O bicarbonato e o vinagre se transformaram num gás. E mais alguma coisa que era o líquido. Então o que acontece numa reação química? Eu tenho a formação do quê?

Pausa.

P: De novos o que?

A: Produtos.

P: Produtos! Então a formação de novas substâncias. Logo, o que uma reação química é para a gente? O que a gente estuda na química o tempo todo? Transformações.

P: Eu tenho como voltar o meu gás e esse líquido em bicarbonato e vinagre?

A: Não.

A: Não.

P: As reações são então reversíveis ou irreversíveis?

A: Irreversíveis.

P: Então se a gente pensar no nosso cotidiano, no nosso consumismo. Por exemplo, eu vou lá e compro uma camiseta de algodão, certo? Eu tenho como transformar a camiseta em algodão de volta?

A: Não.

A: Não.

P: O máximo que a gente consegue fazer é uma reciclagem.

Alunos continuam a discutir sobre a camiseta e o algodão, alguns alunos pensam que é possível, e discutem entre si.

P: Bom, então, porque a gente fez dentro da garrafinha?

A: Para não deixar ir nada fora.

P: Também, mas também fizemos dentro da garrafinha porque? Para descobrir o que?

Pausa e discussão.

P: A gente fez dentro da garrafinha para observar que massa dos produtos é igual a massa dos reagentes. Então, se eu tenho lá átomos, as substância se quebram e formam novas substâncias. Vocês conseguem observar como as transformações químicas podem mudar o nosso mundo?

A: Ahh.

P: A pergunta que eu vou lançar para vocês é: o gás tem massa?

A: Tem.

A: O gás tem massa.

A: Sim.

A: Sim.

P: Sim, ele ocupa espaço, ele tem massa e a gente pode ver isso na reação.

A: Professora, a massa então é sempre igual numa reação?

P: Olhem a pergunta feita pelo colega, a massa é sempre igual numa reação?

A: Não.

A: Sim.

A: Sim.

P: Sim, porque as moléculas se transformam.

## Aula 2

P: Bom dia, no quadro está uma pergunta para ser desenvolvida antes da aula.

Os alunos se acomodam e começam a transcrever a resposta. Passam 7 minutos.

P: Hoje, vamos pesar o material antes e depois do experimento. Tranquilo? Peguem uma esponja de palha de aço abrindo bem ela para poder queimar.

Os alunos ficam eufóricos, falam alto e discutem entre si, falam para filmar. Durante aproximadamente 8 minutos. Eles começam a pesar o experimento após a combustão.

A1: Aumentou? 193? Era 192.

P: O que aconteceu?

A1: Aumentou.

P: Você tinha 200 gramas e agora tem 201.

A2: Aumentou então.

P: Ei, atenção, o que aconteceu com o experimento de vocês?

AS: Queimo...

P: E aí?

A: A massa aumentou.

P: Por quê a massa aumentou?

A: Por causa dos palitos (palitos de fósforos utilizado para iniciar a combustão)

P: Mas eles foram tirados. Então porque?

A: Porque queimou.

P: Mas quando queima algo a massa aumenta?

A: Depende.

P: Depende do quê? Do material? Interessante, ontem o que aprendemos com o experimento da garrafinha?

Pausa.

A: Que massa... Não sei...

Muitos murmuros, nenhum comentário.

P: Vimos o que? O que acontecia com os produtos e reagentes?

Pausa. Ninguém responde.

P: Bem, que a massa ficava a mesma dos produtos e dos reagentes. Bom, se ficava a mesma como pode ter aumentado hoje?

Pausa, risos, comentários baixos.

P: Galera, vamos olhar a embalagem, o que está escrito na embalagem?

A: Cadê a embalagem? Tá escrito palha de aço.

P: E o que é aço?

A: Ferro.

P: Muito bem! Bom, então temos um primeiro reagente? Quem é o primeiro reagente?

Pausa.

A: Ferro.

P: Sim, ferro. Aí eu tenho o meu ferro queimado. Eu saí daqui vou pegar um exemplo de um de vocês, quem tinha 192 no início?

A: Nosso grupo.

P: E o que aconteceu ao pesar?

A: 193.

P: Então o que aconteceu se a massa dos produtos é igual a massa dos reagentes?

Pausa longa.

P: Estou perguntado... O que aconteceu? Se de um lado da reação tem que ter a mesma coisa que do outro lado se a massa é igual?

Pausa.

P: Alguma coisa pode ter reagido aí? Porque se a massa aumentou, alguma coisa tem que ter entrado no meio. Como que aumentou se vocês não colocaram mais nada?

A: Palito de fósforo.

P: Sim, mas ele só iniciou a combustão. Mas não pode ter acontecido mais alguma coisa?

Pausa.

A: ahh. Pausa.

P: O que pode ter entrado?

A: Vento.

P: Vento? Muito bem, mas do que é composto o vento?

A: H<sub>2</sub>O.

Muitos risos.

P: Também. Sim, também tem água, e o que mais?

Pausa.

A: Oxigênio.

P: Oxigênio? É, porque a gente respira, então oxigênio tem.

Pausa.

P: Se a gente deixasse uma barra de ferro no ambiente, o que aconteceria com ela?

A: Enferruja.

P: Isso, enferruja, o que é enferrujar? É oxidar, entrar oxigênio, é reagir com o oxigênio. Então, o que provavelmente aconteceu na reação, é o que?

Pausa.

P: Para ter aumentado a massa só pode ser reagido com algo do vento, do ar. E quem é dos reagentes mais reativos da tabela? Bem, isso vocês irão aprender ainda, é o oxigênio.

Pausa. Volta-se para o quadro e se continua a reação que está sendo construída.

P: O que poderíamos colocar aqui? Apontando para o reagentes que está faltando na reação química.

Pausa.

A: Oxigênio.

Escreveu-se oxigênio na reação.

P: Então esse um grama que entrou aqui foi o oxigênio. Aí eu formei óxido de ferro. Vocês entendem, vocês conseguem compreender que a massa ela se conservou? E que isso vocês utilizam para compreender uma reação química? Porque se a massa é conservativa, significa que os elementos também são conservativos, ou seja, os elementos que estavam antes da reação estarão após a reação. Só que combinados de uma forma diferente.

A: Professora, mas o material estava mais pesado antes ou depois de queimado?

P: Depois, e por quê?

A: Mas como pode ter pesado mais?

P: Como é que vai pesar mais?

Pausa.

P: Se o oxigênio estava ali, você adiciona a energia, que é o palito de fósforo, aí o ferro reagiu com o quem?

A: Com o ar.

P: Com o oxigênio do ar. Aí, eu tenho uma substância mais pesada porque se antes eu tinha apenas ferro ao adicionar o oxigênio, e o ferro se combina com o oxigênio, são duas coisas agora, faz mais sentido estar mais pesado, não é?

A: Faz. Entendi.

P: Agora vou aplicar um questionário para vocês.

A: Ahhh.

Ficam tristes.