



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS

Trabalho de Conclusão de Curso  
Licenciatura em Química

**Estudo sobre a Influência dos  
Experimentos na Aprendizagem de  
Transformações Químicas**

Girlaine de Castro Oliveira

Belo Horizonte  
Dezembro de 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ICEX – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DE EXPERIMENTOS NA  
APRENDIZAGEM DE TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS**

**GIRLAINE DE CASTRO OLIVEIRA**

**BELO HORIZONTE  
DEZEMBRO - 2010**

**GIRLAINE DE CASTRO OLIVEIRA**

**ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DE EXPERIMENTOS NA  
APRENDIZAGEM DE TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Colegiado de Graduação do  
Curso de Química, como requisito para a  
obtenção do título de Licenciado em  
Química.

Orientadora: Rosária da Silva Justi  
Co-Orientadora: Nilmara Braga Mozzer

**BELO HORIZONTE  
DEZEMBRO – 2010**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por sempre iluminar meu caminho, a minha Mãe, meu Pai e meu irmão pelo exemplo de amor, tranquilidade e força em todos os momentos.

À Professora Rosária Justi pela orientação, contribuições e críticas decisivas na elaboração deste trabalho.

À Nilmara Mozzer por me orientar e ajudar a acreditar em meu trabalho, pela paciência e disponibilidade.

Ao Alexandre Leonardo, meu marido, pela sua existência, companheirismo e carinho.

Aos colegas e professores do Departamento de Química que compartilharam comigo suas experiências e que contribuíram de alguma forma para meu crescimento profissional.

*“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses que-fazer-se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino continuo buscando, reprocurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo, educo e me educo. Pesquiso para conhecer e o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade (...)”*

*Paulo Freire*

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência que a experimentação e as discussões que dela derivam exercem sobre o aprendizado em uma turma de segundo ano do ensino médio de uma escola estadual em Belo Horizonte.

O tema Transformações Químicas foi escolhido por ser central na química e pelo fato de a literatura da área apontar a existência de muitas concepções alternativas sobre o mesmo.

Os dados foram coletados a partir de dois questionários: um pré-teste, aplicado antes e um pós-teste, aplicado posteriormente à sequência didática. O pré-teste teve o objetivo de identificar as ideias dos alunos a respeito do tema escolhido e de auxiliar na elaboração dos roteiros experimentais da sequência didática. O pós-teste teve como objetivo verificar a influência da sequência didática no aprendizado dos alunos.

Os resultados obtidos apresentam aumentos aparentemente baixos na frequência de respostas dos alunos envolvendo uma explicação cientificamente aceita de um teste para o outro. Além disso, verificou-se a persistência de concepções errôneas entre uma parcela considerável de alunos. Tais resultados podem ser usados para subsidiar futuras modificações nos roteiros da sequência didática elaborada neste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	7
1.1	As Transformações Químicas no Ensino de Ciências	7
1.1.1	Concepções alternativas dos alunos sobre TQ	7
1.1.2	Abordagens de TQ no Currículo Básico Comum de Química	9
1.2	Experimentações no Ensino de Química	10
1.3	Justificativa do trabalho	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b>	12
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	12
3.1	Contexto da escola e seleção da amostra	12
3.2	Coleta dados	13
3.2.1	Pré-teste	13
3.2.2	Sequência de ensino	14
3.2.3	Pós-teste	16
3.3	Análise dos dados	16
3.3.1	Categorização do pré-teste	17
3.3.2	Categorização do pós-teste	21
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	25
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	28
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	34
<b>7</b>	<b>IMPLICAÇÕES</b>	36
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	38
	ANEXO 1- Pré-teste	39
	ANEXO 2- Roteiro de aula experimental I	40
	ANEXO 3- Roteiro de aula experimental II	43
	ANEXO 4- Pós-teste	45

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 As Transformações Químicas no Ensino de Ciências**

Transformações Químicas (TQ) é um conceito chave no currículo de ciências. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (Brasil, 2002), o ensino deste conceito deve ocorrer de forma integrada e significativa de modo que aluno se torne capaz de reconhecer e compreender as transformações químicas, interpretar fenômenos simples do cotidiano, bem como processos industriais e tecnológicos na medida em que constroem seu conhecimento científico.

Rosa e Schnetzler (1998) ressaltam, na mesma direção dos PCN, que a compreensão das TQ contribui para o entendimento de impactos ambientais causados pela produção industrial, dos problemas causados pelo lixo, além de promover a compreensão de processos simples que ocorrem diariamente como cozimento de alimentos, ação de medicamentos, entre outros.

Apesar dessas considerações, o que realmente observamos nas salas de aula de ciências é que o conceito não tem recebido a devida atenção. O que ainda observamos – e que já havia sido destacado por Mortimer e Miranda (1995) há quinze anos, é o fato de que existe uma ênfase exagerada nas representações dos processos químicos em termos de suas equações, em detrimento de uma interpretação profunda dos fenômenos no nível atômico-molecular. Os autores afirmam também que esta pode ser uma das principais causas do desenvolvimento e manutenção de concepções alternativas pelos alunos, como aquelas que serão discutidas a seguir.

#### **1.1.1 Concepções alternativas dos alunos sobre TQ**

Existem várias pesquisas na área do ensino de ciências (por exemplo: BARKER & MILLAR 1999; KIND, 2004; MORTIMER, & MIRANDA, 1995) que apontam certas ideias dos alunos a respeito das TQ, as quais são bem distantes do conhecimento científico, as chamadas concepções alternativas. Muitas dessas concepções evidenciam a dificuldade de compreensão do conceito por parte dos alunos.



Mortimer e Miranda (1995) destacam que alunos tendem a centrar suas explicações nas mudanças macroscópicas que ocorrem com as substâncias sem fazer referência ao nível atômico-molecular, ou a interpretá-las como mudanças de estado físico.

Outra dificuldade apresentada pelos alunos, segundo os autores, diz respeito à conservação de massa. Eles costumam afirmar que produtos gasosos não têm massa e, por isso, prevêm a conservação da massa em reações que liberam gás em sistema aberto.

Quando se trata de reagentes gasosos, como no caso do oxigênio, também foi discutido por Kind (2004) que os alunos não costumam incluí-lo nas suas explicações para reações em sistemas abertos. Entretanto, quando o seu papel é reconhecido, aparece a mesma ideia anteriormente comentada, de que gás não tem massa.

Barker e Millar (1999), em seu estudo no Reino Unido, também identificaram que a maioria dos alunos omite a massa do oxigênio em reações químicas. Os autores explicam que muitas reações em sistema aberto envolvem oxigênio atmosférico e, frequentemente, não se mede este gás. Por isso, muitas vezes ele não é mencionado pelos alunos.

Nesta pesquisa, os alunos foram convidados a estimar a massa de gases gerados por um carro com 50 kg de gasolina que consumiu o combustível até esvaziar o tanque. 44% de alunos responderam que a massa se conserva, pois não se lembraram do oxigênio como participante da reação. Por outro lado, uma pequena parcela de alunos (4%) respondeu que a massa diminuiu em termos de evaporação do combustível. Isso significa que alguns alunos, ainda que poucos nesta pesquisa confundam TQ com mudança de estado físico. Também se constatou que, em reações em sistemas fechados, os produtos gasosos são mais perceptíveis e a maior parte dos alunos consideram que a massa do sistema se conserva, pois eles entendem que não há escape de materiais.

A existência dessas ideias sobre TQ, comuns entre os alunos de ciências, apontam para a necessidade de realização de estudos que tentem promover uma mudança nessas concepções, quando elas já se encontram assimiladas pelos alunos.

### 1.1.2 Abordagens de TQ no Currículo Básico Comum de Química

O Currículo Básico Comum (CBC) é um documento que apresenta uma proposta curricular para o ensino de Química no Ensino Médio nas escolas do Estado de Minas Gerais, elaborado sob a perspectiva dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, PCN+).

O objetivo da proposta do CBC é propiciar ao aluno uma visão geral da química no primeiro ano do ensino médio e também fornecer as bases para estudos posteriores e para a formação de uma consciência de participação.

No CBC, o programa da Química está orientado em torno dos eixos estruturadores: Materiais, Modelos e Energia. Com base nestes eixos, são sugeridos três temas:

1. Propriedades dos materiais
2. Constituição e a organização dos materiais
3. Energia envolvida nas transformações dos materiais.

Os temas são desdobrados em subtemas que focalizam as ideias sem se restringir a conceitos. São apresentados uma série de tópicos básicos de conteúdo para cada subtema. Por último, associadas a cada tópico, estão dispostas as habilidades básicas a serem desenvolvidas nas aulas.

O assunto TQ integra os conteúdos básicos destacados no CBC no eixo estruturador Propriedades dos Materiais. Neste eixo, são detalhadas as habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos em torno desse assunto, dentre as quais se destaca:

1. Relacionar TQ com a formação de novos materiais, cujas propriedades específicas são diferentes daquelas dos reagentes;
2. Reconhecer evidências como indícios da ocorrência de reação;
3. Inferir sobre a ocorrência de TQ, a partir da comparação entre sistemas inicial e final;
4. Reconhecer que os elementos químicos e o número de átomos se conservam nas TQ, mas que as substâncias mudam;
5. Compreender que em uma TQ a massa se conserva porque ocorre um rearranjo dos átomos.

O CBC não explica como a experimentação deve ser realizada de forma a favorecer a aprendizagem e o desenvolvimento dessas habilidades, mas menciona a

necessidade de o professor planejar e realizar procedimentos experimentais simples envolvendo TQ.

O detalhamento das habilidades no CBC, juntamente com as ideias que os alunos apresentam sobre as TQ destacadas na literatura da área orientaram, neste trabalho, a elaboração dos objetivos específicos a serem alcançados com o ensino de TQ, que serão posteriormente apresentados.

## 1.2 Experimentações no Ensino de Química

Giordan (1999) ressalta que os professores de ciências acreditam que a experimentação desperte interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização.

Sob este ponto de vista, é interessante trazer para a sala de aula, experimentos simples que demonstrem situações do cotidiano para despertar maior curiosidade e envolvimento dos alunos, além de desvincular a ideia, comum entre os alunos, de que a Química é uma ciência complicada, que apenas pessoas muito preparadas e com laboratórios equipados têm acesso ao seu estudo.

Aspectos como esses ressaltam a importância da experimentação, a qual pode também ser utilizada como um fator motivador para a promoção de discussões em sala de aula. Nelas, onde possivelmente, teremos reflexões e suposições teóricas sobre os fenômenos analisados, confrontando as ideias de senso comum com as ideias científicas. Isto por que:

"Ao se incentivar os alunos a expor suas ideias acerca do fenômeno, que estão no plano da subjetividade, [a experimentação] desencadeia um processo pautado na intersubjetividade do coletivo, cujo aprimoramento fundamenta o conhecimento objetivo. O processo de objetivação do conhecimento, por ser uma necessidade social, deve ser um eixo central da prática educativa e aqui a experimentação desempenha um papel de fórum para o desenvolvimento dessa prática." (GIORDAN, 1999, p. 46)

As aulas experimentais podem estimular o aluno a formular hipóteses perante as situações problemas, desenvolver formas de testá-las, modificá-las de acordo com os resultados, o que poderá promover a formação gradual do aluno como sujeito profissional e social, como defendido por Romanelli *et al.* (2007).

Os professores de ciências, em sua função de guias na elaboração do conhecimento, possuem a missão de promover o desenvolvimento de habilidades e competências dos alunos tais como aquelas citadas no CBC e destacadas anteriormente que envolvem, de uma maneira mais ampla, a compreensão da

investigação científica, de seus procedimentos e métodos. Uma das maneiras de os professores tentarem promover esse desenvolvimento é através de atividades práticas que levem seus alunos a investigar, criticar e analisar fenômenos. Isto por que:

Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas (GIORDAN, 1999, p.44).

Com base nessa premissa, a experimentação é uma prática importante, pois motiva e ajuda os estudantes a elaborar os conhecimentos científicos, devido a seu caráter investigativo, quando bem conduzida e discutida.

Esses pressupostos embasaram a utilização, neste trabalho, da experimentação como método para tentar estimular discussões dentro da sala de aula e, a partir daí, verificar sua influência sobre o aprendizado dos alunos.

### **1.3 Justificativa do trabalho**

Atualmente, leciono em uma escola estadual de Belo Horizonte, em turmas de 1º e 2º anos do Ensino Médio. Apesar do pouco tempo de exercício da profissão, pude perceber que os alunos, em sua maioria, não se interessam ou possuem certa resistência ao estudo da Química. A escola oferece apenas quadro, giz e o livro didático como materiais para o professor trabalhar. Outros materiais ficam a cargo do próprio professor, o que dificulta bastante o trabalho.

Os alunos do 2º ano do Ensino Médio desta escola já haviam estudado o conteúdo de TQ durante o 1º ano, mas o processo de ensino restringiu-se a aulas expositivas em que equações eram apresentadas no quadro e alguns aspectos, como balanceamento e classificação dos tipos de reações, eram discutidos apenas no nível representacional. Mortimer e Miranda (1995) ressaltam que antes de representar reações a partir de equações químicas é importante mostrar fenômenos simples para ilustrar algumas características evitando que a representação seja confundida com o fenômeno. Schnetzler e Rosa (1998) também salientam que a ação de escrever uma equação química significa apenas fazer “exercício algorítmico” sem entender o fundamento do fenômeno.

Quando o tema TQ foi ensinado no 1º ano, fenômenos químicos foram exemplificados. Entretanto, isso ocorreu somente a partir da citação de alguns poucos casos pela professora da turma na época, sem que nenhuma demonstração ou experimentação fosse realizada. Além disso, aspectos como a conservação de massa não foram trabalhados.

Como professora atual destes alunos, verifiquei a necessidade de se ter um estudo mais detalhado do conceito, pois os próximos conteúdos a serem trabalhados (por exemplo, velocidade das reações e equilíbrio químico) dependem de uma boa compreensão sobre TQ.

Na contramão de um método de ensino que se baseia na simples transmissão de conteúdo – o qual impossibilita a visualização de fenômenos e também desconsidera a fala do aluno – e compartilhando das ideias de Giordan (1999), considero que a experimentação pode fornecer oportunidades para que o professor desperte o interesse dos seus alunos e meios para a proposição de discussões sobre as questões apresentadas, a fim de criar confrontos de ideias e, com isso, promover o aprendizado.

## **2 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho foi proposto com o objetivo de identificar a influência da experimentação e das discussões que dela derivam no aprendizado dos alunos sobre o conceito TQ.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Contexto da escola e seleção da amostra**

A escola escolhida para o estudo é uma escola que está localizada na região do Barreiro em Belo Horizonte, local onde trabalho como professora de Química.

A escola funciona nos turnos manhã, tarde e noite, e oferece o Ensino Médio regular e o Fundamental. Possui biblioteca, sala de informática com cerca de 10

computadores, sala de recursos multimídia como data-show, mas não possui laboratórios de ciências.

As turmas da escola contêm em torno de 40 alunos por sala, sendo o espaço da mesma insuficiente para este número de pessoas. Eles, em sua maioria, são originários de uma classe economicamente desfavorecida.

Nessa escola, como mencionado, trabalho com as turmas de 1° e 2° ano do Ensino Médio. O motivo da escolha pela turma de 2° ano foi o fato de esta mostrar-se envolvida e receptiva com as minhas aulas, apesar de os alunos avaliarem a disciplina como uma das mais difíceis. O maior grau de maturidade e de comprometimento dos alunos dessa turma também foi considerado um fator facilitador.

## **3.2 Coleta dados**

Inicialmente, buscamos identificar os conhecimentos prévios da turma, a partir de um pré-teste, para verificar o nível de compreensão sobre TQ dos alunos.

A partir dos resultados do pré-teste, uma sequência de aulas experimentais que abordavam algumas TQ com materiais caseiros foi planejada e aplicada, na tentativa de incentivar as discussões sobre o conceito com os alunos.

Finalmente, aplicamos um pós-teste, com questões parecidas com as do pré-teste e outras mais elaboradas, com o objetivo de identificar possíveis modificações nas ideias dos alunos.

Essas etapas serão detalhadas a seguir.

### **3.2.1 Pré-teste**

O pré-teste (Anexo 1) constituiu-se de sete questões, que deveriam ser respondidas em até 50 minutos. Essas questões envolveram TQ em situações do cotidiano dos alunos e abordavam assuntos como a ferrugem, escurecimento de frutas e combustão.

Esse questionário serviu para identificar as concepções dos alunos relacionadas a aspectos das TQ nos níveis macroscópico e submicroscópico e conservação de átomos. A partir dessas informações, foi possível selecionar os experimentos que enfatizavam tais aspectos.

Antes da aplicação do pré-teste, foi explicado para a turma que este teste seria um instrumento de pesquisa e não avaliativo. Durante sua aplicação, foi possível perceber que, mesmo os alunos sendo receptivos, alguns se mostraram preocupados sobre o fato de o teste ser ou não avaliativo. Para contornar esse problema, foi informado a eles que todos os alunos que respondessem com seriedade e sem se preocupar com acerto ou erro, iriam obter pontos de participação na atividade.

### 3.2.2 Sequência de ensino

A sequência de ensino foi elaborada com base nos resultados do pré-teste. Tais resultados forneceram informações importantes a respeito das ideias dos alunos acerca dos fenômenos ferrugem e combustão. Por exemplo, em relação à ferrugem, nenhum aluno mencionou a participação do oxigênio como um dos reagentes, sendo que a grande maioria deles restringiu a reação à presença de ferro e água. Por outro lado, na questão sobre a combustão, a maioria dos alunos explicou que os produtos do combustível de um carro evaporam, não atribuindo a transformação à formação de novas substâncias.

Outras ideias, como aquelas presentes nas questões sobre representações no nível atômico-molecular, eram, em maioria, vagas. Além disso, algumas questões não foram respondidas pelos alunos no pré-teste.

A partir desse tipo de informação, foram elaborados roteiros (Anexos 2 e 3) que orientaram a sequência de ensino, cujos objetivos relacionados à aprendizagem dos alunos foram os seguintes:

1. Reconhecimento de TQ a partir de experimentos simples que envolvam fenômenos do cotidiano;
2. Relacionamento de TQ com a formação de novos materiais;
3. Relacionamento da ocorrência das TQ com o rearranjo de átomos;
4. Compreensão da conservação de massa (nível macroscópico), relacionada à conservação de átomos (nível submicroscópico).

O Roteiro da aula experimental I (Anexo 2) foi elaborado com base em experimentos envolvendo o enferrujamento do prego e o escurecimento da maçã, propostos por Mortimer e Machado (2002) e constantes também no material do Grupo GEPEQ (1998). Estes experimentos envolvem o oxigênio como reagente,

tornando possível que algumas das dúvidas dos alunos sobre a participação deste gás em reações observadas no pré-teste fossem abordadas. Os experimentos deste roteiro também abrangeram vários dos objetivos da sequência de ensino apresentados anteriormente: o reconhecimento de TQ e o relacionamento dessas à formação de novos materiais e com rearranjo de átomos.

O Roteiro da aula experimental II (Anexo 3) foi elaborado para atender o objetivo de buscar uma melhor compreensão de conservação de massa e de átomos na TQ, além de resolver a deficiência da representação submicroscópica dos alunos observada no pré-teste. Os experimentos propostos neste roteiro foram baseados no material do grupo APEC (2006).

Segundo Mortimer e Miranda (1995), a noção de conservação de massa pode fornecer subsídios que conduzem os alunos a uma melhor compreensão do fenômeno no nível atômico-molecular. Por isso, os experimentos escolhidos neste segundo roteiro abordam o assunto conservação de massa com demonstrações de reações simples envolvendo reagentes e produtos gasosos.

Para a realização das aulas experimentais, foram necessárias quatro aulas de 50 minutos cada, sendo duas aulas destinadas para cada roteiro. Elas aconteceram em semanas diferentes.

Em cada uma das aulas, os roteiros experimentais foram entregues aos alunos e lidos juntamente com eles. Sendo a turma grande (40 alunos) e considerando a insuficiência de materiais disponíveis para todos os alunos, optamos por realizar os experimentos de forma demonstrativa pela professora. Foi solicitado aos alunos que se organizassem em círculo dentro da sala para permitir a visualização dos experimentos por todos.

Após a demonstração, a turma foi dividida em seis grupos contendo cerca seis alunos, todos com um líder. Cada roteiro continha algumas perguntas que os alunos respondiam em seus grupos para que pudesse ser feita uma discussão junto com a professora.

As discussões foram guiadas pelo questionário contido no roteiro. Solicitava-se ao líder de um dos grupos que respondesse a questão a ser discutida e, assim que o aluno respondia, era perguntado aos outros se concordavam com a resposta ou não e se havia respostas diferentes daquela. Para contornar situações de conversas paralelas e outras eventuais dispersões, a professora chamava os alunos dispersos a participarem mais da aula. À medida que os alunos iam respondendo as



questões na discussão, a professora ia transcrevendo as ideias sugeridas no quadro e conduzindo a turma com suas respostas até a conclusão esperada.

### **3.2.3 Pós-teste**

O pós-teste (Anexo 4) consistiu de seis questões com alguns dos enunciados parecidos e outros mais elaborados em comparação ao pré-teste. Esse questionário foi aplicado na semana posterior à sequência didática, no qual o tempo de resposta disponibilizado aos alunos foi de até 50 minutos.

O questionário abordou assuntos como a ferrugem, a combustão e a conservação de massa em sistema aberto e fechado. Também havia uma questão que buscava a opinião dos alunos a respeito da sequência de ensino.

O pós-teste serviu para identificar possíveis modificações das ideias dos alunos após a sequência de ensino. Além disso, possibilitou verificar a compreensão dos alunos com relação à conservação de massa em sistemas aberto e fechado.

Para contornar o problema do medo manifestado pelos alunos em situações avaliativas, foi informado que a este segundo questionário, como para o primeiro, seriam destinados pontos de participação, sendo necessário que todos respondessem com seriedade e de acordo com o que aprenderam nas aulas anteriores para que obtivessem os pontos.

## **3.3 Análise dos dados**

Para analisar os dados obtidos, as respostas dos alunos foram agrupadas em categorias que reúnem respostas semelhantes, tendo em vista os objetivos propostos para a sequência de ensino.

Os alunos foram numerados de 1 a 40 e identificados pelo código An para preservar suas identidades.

As categorias foram dispostas em quadros e associadas aos códigos dos alunos que forneceram um tipo de resposta e que serviu para criar os quadros 1 a 6, apresentados na sessão “Resultados”.

É importante destacar que, na categorização, foram considerados apenas 23 alunos, pois estes participaram de todo o processo, ou seja, responderam aos dois questionários e estiveram presentes em toda a sequência didática.

A seguir, serão apresentadas as categorias, sua descrição e uma exemplificação a partir da fala dos alunos. Elas foram separadas de acordo com os aspectos analisados em cada questão do pré- e do pós-teste.

### **3.3.1 Categorização do pré-teste**

A seguir, são apresentadas as categorias criadas a partir das respostas dos alunos às questões 1, 6 e 7 do pré-teste. A questão 2, referente ao tema ferrugem, e as questões 3, 4 e 5, relativas ao tema escurecimento de frutas, resultaram em diversas respostas confusas e sem clareza, o que inviabilizou a categorização destas respostas e sua comparação com o pós-teste.

#### **3.3.1.1 Explicação do fenômeno da ferrugem**

Na primeira questão do pré-teste, foi pedido aos alunos que explicassem por que a esponja de aço, após certo tempo de uso, fica enferrujada. As categorias de respostas encontradas foram as seguintes:

##### *3.3.1.1.1 Reação com água*

Alunos que em suas respostas citaram a reação do ferro com a água, mas sem reconhecer a presença do oxigênio como um dos reagentes:

*"Por causa da água que reage com o ferro do Bombril." (A26)*

##### *3.3.1.1.2 Reação com água e ar*

Alunos que atribuíram a explicação de que a ferrugem se deve à reação do ferro com água e ar:

*"Porque o aço reage com a água e o ar e depois de certo tempo enferruja." (A29)*

##### *3.3.1.1.3 Tendência da esponja de aço a enferrujar*

Nesta categoria, os alunos explicitaram que a esponja de aço tem a tendência natural de se enferrujar:

*"Porque o Bombril é feito de aço e quando fica velho enferruja igual a todo ferro." (A30)*

### 3.3.1.2 Explicação do fenômeno combustão

Na sexta questão, foi solicitado aos alunos que explicassem o que acontece com o combustível quando um carro é abastecido e é dirigido até que o tanque fique vazio. As categorias de resposta definidas foram:

#### 3.3.1.2.1 Formação de novas substâncias

Alunos que mencionaram a formação substâncias diferentes das que já existiam anteriormente:

*“O combustível foi totalmente queimado pela ação motora do carro. Esse combustível é liberado no ar na forma de gás carbônico.” (A38)*

#### 3.3.1.2.2 Mudança de estado físico

Nesta categoria, a reação química foi confundida com a evaporação do combustível:

*“O combustível evaporou, porque ele entra em contato com o motor que está quente.” (A19)*

#### 3.3.1.2.3 Respostas vagas

Os alunos não explicitam suas ideias sobre o fenômeno da combustão:

*“Queimou, porque o carro estava em movimento.” (A10)*

*“Foi utilizado (o combustível) pelo motor e virou fumaça.” (A17)*

### 3.3.1.3 Definição de TQ

No item 'a' da sétima questão do pré-teste, foi perguntado aos alunos o que eles entendiam por TQ. As categorias de resposta definidas foram:

#### 3.3.1.3.1 Formação de novas substâncias

Nesta categoria, os alunos explicitaram a ideia de formação de novas substâncias:

*“São reações onde surgem novas substâncias.” (A29)*

### 3.3.1.3.2 *Mudança de estado físico*

Alunos que confundiram TQ com transformações físicas:

"É um objeto sólido (gelo) que se transforma no estado líquido (água)."  
(A30)

### 3.3.1.3.3 *Respostas vagas*

Alunos que não definiram com coerência suas ideias a respeito de TQ:

"É a transformação da matéria." (A36)

### 3.3.1.3.4 *Não respondeu*

Alunos que deixaram a questão em branco.

## 3.3.1.4 **Representação do fenômeno**

No item 'b' da sétima questão, foi pedido aos alunos que representassem suas ideias a respeito das TQ no nível submicroscópico. As categorias de resposta definidas foram:

### 3.3.1.4.1 *Macroscópico*

Alunos que representaram o fenômeno no nível macroscópico:

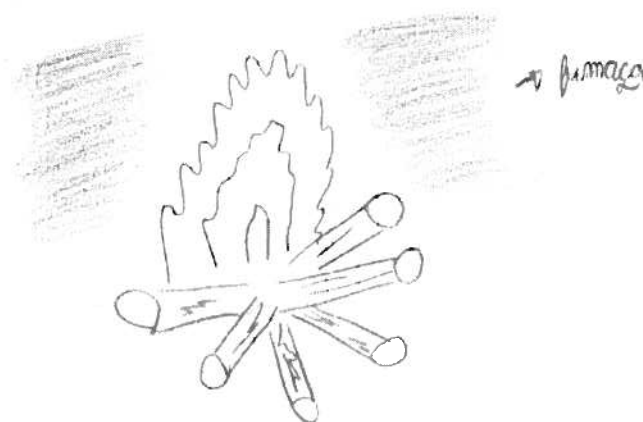


Figura 1- Representação do aluno A4

### 3.3.1.4.2 *Submicroscópico com rearranjo e conservação de átomos*

Neste tipo de resposta, os alunos representaram as TQ no nível atômico-molecular, considerando a conservação dos átomos:



Figura 2- Representação do aluno A19

#### 3.3.1.4.3 Submicroscópico com rearranjo e sem conservação de átomos

Alunos que explicitaram ideias a respeito de rearranjo de átomos dos reagentes formando produtos, mas não mantiveram a mesma quantidade de átomos nos reagentes e nos produtos:



Figura 3- Representação do aluno A17

#### 3.3.1.4.4 Submicroscópico sem rearranjo de átomos

Nesta categoria, alunos representaram TQ sem considerar o rearranjo de átomos:

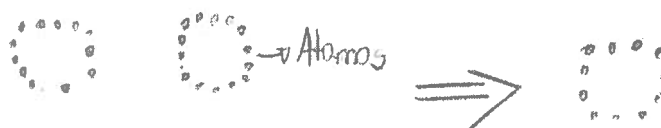


Figura 4- Representação do aluno A25

#### 3.3.1.4.5 Representações vagas

Alunos que demonstraram representações sem clareza:

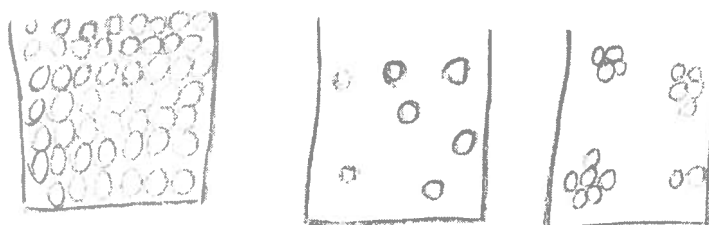


Figura 5- Representação do aluno A31

#### 3.3.1.4.6 *Não representou*

Alunos que não conseguiram representar nenhuma ideia sobre o assunto.

### 3.3.2 **Categorização do pós-teste**

#### 3.3.2.1 **Explicação do fenômeno da ferrugem**

Na primeira questão, foi pedido aos alunos que explicassem por que a esponja de aço enferruja após certo tempo de uso. As categorias de resposta definidas foram:

##### 3.3.2.1.1 *Reação com água*

Alunos que mencionaram em suas respostas a reação do ferro com a água sem, no entanto, citarem a participação do oxigênio:

*"Porque o ferro da esponja reage com a água." (A17)*

##### 3.3.2.1.2 *Reação com água e ar*

Nesta categoria, os alunos reconheceram a formação da ferrugem como uma reação entre ferro, água e ar:

*"Porque a esponja reage com a água e o ar." (A4)*

##### 3.3.2.1.3 *Reação com água e oxigênio*

Alunos que atribuíram suas explicações à reação do ferro com água e especificaram o oxigênio como reagente na formação de ferrugem:

*"Para a formação da ferrugem é preciso de três elementos: ferro, água e oxigênio." (A38)*

##### 3.3.2.1.4 *Respostas vagas*

Alunos que não mencionaram suas ideias sobre a ferrugem com clareza:

*"Porque quando o aço fica úmido, ele molha." (A10)*

### 3.3.2.2 Representação do fenômeno

A segunda questão solicitou aos alunos que fizessem a representação de suas ideias sobre TQ referente às suas respostas para a questão 1, mas no nível submicroscópico. As categorias de resposta definidas foram:

#### 3.3.2.2.1 Macroscópico

Alunos que representaram suas ideias sobre TQ no nível macroscópico:



Figura 6- Representação do aluno A28

#### 3.3.2.2.2 Submicroscópico com rearranjo e conservação de átomos

Alunos que representaram TQ no nível atômico-molecular, considerando a conservação de átomos:



Figura 7- Representação do aluno A32

#### 3.3.2.2.3 Submicroscópico com rearranjo e sem conservação de átomos

Nesta categoria, alunos expressaram suas ideias a respeito de rearranjo de átomos dos reagentes formando produtos sem considerar a conservação de átomos:



Figura 8- Representação do aluno A7

#### 3.3.2.2.4 Submicroscópico sem rearranjo de átomos

Nesta categoria, alunos representaram TQ sem demonstrar a ideia de rearranjo de átomos:



Figura 9- Representação do aluno A33

### 3.3.2.2.5 Representações vagas

Alunos que não representaram com clareza:



Figura 10- Representação do aluno A37

### 3.3.2.2.6 Não representou

Alunos que não conseguiram representar nenhuma ideia sobre o assunto.

### 3.3.2.3 Massa nas TQ em sistema aberto

Na terceira questão, foi pedido aos alunos que previssem se a massa final de uma esponja de aço após o enferrujamento seria maior, menor ou igual à massa inicial e justificassem suas respostas. As categorias de resposta definidas foram:

#### 3.3.2.3.1 Aumento

Alunos que reconheceram a participação do oxigênio na reação, devido ao sistema estar aberto, e a formação de um produto com massa maior:

*"Maior. Pois o Bombril reagiu com o ar (oxigênio) aumentando a massa devido a transformação estar em ambiente aberto." (A17)*

#### 3.3.2.3.2 Conservação

Alunos que não consideraram o oxigênio como participante da reação e, devido a isso, responderam que a massa do sistema não se alterou:

*"Igual. Numa reação química a massa se conserva." (A29)*



### 3.3.2.3.3 Respostas vagas

Nesta categoria, alunos não responderam com clareza e/ou não justificaram suas respostas.

*"Maior, porque ele fica mais pesado." (A10)*

### 3.3.2.3.4 Não respondeu

Alunos que deixaram suas respostas em branco.

## 3.3.2.4 Massa na TQ em sistema fechado

Na quarta questão, os alunos foram solicitados a prever se a massa final de um papel queimado dentro de um recipiente fechado seria maior, menor ou igual à massa inicial e a justificar suas respostas. As categorias de resposta definidas foram:

### 3.3.2.4.1 Diminuição

Alunos que afirmaram que a massa diminuiria porque desconsideraram a massa dos produtos gasosos, pensaram no 'desaparecimento' de substâncias, ou não atentaram para o fato de o sistema estar fechado:

*"Menor. Porque se queimar, elimina papel." (A33)*

### 3.3.2.4.2 Conservação

Alunos que afirmaram que a massa se conservaria por imaginarem a formação de produtos gasosos que não escaparam para o ambiente sob as condições do sistema fechado:

*"Igual. Por ter sido feito em ambiente fechado, não houve escape nem inclusão de gases para o ambiente, sendo assim, a massa se conserva." (A29)*

### 3.3.2.4.3 Respostas vagas

Alunos que não justificaram com coerência as suas respostas:

*"Igual, porque a massa do papel não muda." (A7)*

### 3.3.2.4.4 Não respondeu

Alunos que não responderam a questão.

### 3.3.2.5 Explicação do fenômeno combustão

Na questão 5, foi pedido aos alunos que explicassem o que acontece com o combustível quando um carro é abastecido e é dirigido até que o tanque fique vazio. As categorias de resposta definidas foram:

#### 3.3.2.5.1 *Formação de novas substâncias*

Nesta categoria, os alunos expressaram a ideia de formação de substâncias diferentes das existentes anteriormente:

*"Houve o processo de transformação, formando gás carbônico." (A29)*

#### 3.3.2.5.2 *Mudança de estado físico*

Alunos explicaram TQ em termos de transformações físicas:

*"Evaporou enquanto o carro estava queimando o combustível." (A28)*

#### 3.3.2.5.3 *Respostas vagas*

Alunos que expressaram respostas confusas, o que impossibilitou a categorização das mesmas:

*"O combustível foi queimado para que o carro pudesse movimentar." (A39)*

## 4 RESULTADOS

Nos quadros 1 a 6 são apresentados os resultados, em termos de número e percentual de alunos que explicitaram suas ideias nos dois testes de acordo com cada uma das categorias descritas anteriormente.

Aspectos Analisados	Categorias	Pré-teste n=23	Pós-teste n=23	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)
Explicação do fenômeno (ferrugem)	Reação com água	19	13	83	57
	Reação com água e ar	1	4	4	17
	Tendência da esponja de aço a enferrujar	3	0	13	0
	Reação com água e oxigênio	0	5	0	22
	Respostas vagas	0	1	0	4

**Quadro 1-** Frequência de respostas dos alunos sobre a explicação do enferrujamento da esponja de aço.

Aspectos Analisados	Categorias	Pré-teste n=23	Pós-teste n=23	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)
Explicação do fenômeno (combustão)	Formação de novas substâncias	4	5	17	22
	Mudança de estado físico	13	15	57	65
	Respostas vagas	6	3	26	13

**Quadro.2-** Frequência de respostas dos alunos sobre o que acontece com o combustível de um carro quando consumido.

Aspectos Analisados	Categorias	Pré-teste n=23	Pós-teste n=23	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)
Representação do fenômeno	Submicroscópico com rearranjo e conservação de átomos	4	11	17	48
	Submicroscópico com rearranjo e sem conservação de átomos	3	6	13	26
	Submicroscópico sem rearranjo de átomos	3	2	13	9
	Macroscópico	3	1	13	4
	Representações vagas	4	1	18	4
	Não representou	6	2	26	9

**Quadro 3-** Frequência dos tipos de representações demonstrados pelos alunos.

Aspectos Analisados	Categorias	Pré-teste n=23	Pré-teste (%)
Definição de TQ	Formação de novas substâncias	10	43,5
	Mudança de estado físico	1	4,3
	Respostas vagas	7	30,4
	Não respondeu	5	21,8

Quadro 4- Frequência de respostas dos alunos sobre como definem TQ.

Aspectos Analisados	Categorias	Pós-teste n=23	Pós-teste (%)
Massas nas transformações químicas	Aumento	4	17
	Conservação	1	4
	Respostas vagas	16	70
	Não respondeu	2	9

Quadro 5- Frequência de respostas dos alunos sobre a situação da massa envolvida na TQ em sistema aberto.

Aspectos Analisados	Categorias	Pós-teste n=23	Pós-teste (%)
Massas nas transformações químicas	Diminuição	6	26
	Conservação	11	48
	Respostas vagas	5	22
	Não respondeu	1	4

Quadro 6- Frequência de respostas dos alunos sobre a situação da massa envolvida na TQ em sistema fechado.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos resultados apresentados no Quadro 1, foram observados os aspectos referentes à explicação do enferrujamento da esponja de aço nos dois testes, comentados a seguir.

No pré-teste, a maioria dos alunos, 83%, considerou que a reação ocorria apenas entre o ferro e a água. Por outro lado, no pós-teste a frequência destas respostas reduziu para 57%. Como se percebe, mais da metade da turma ainda continuou com a concepção de que a ferrugem é formada apenas pela reação entre água e ferro, não reconhecendo o oxigênio como um dos reagentes.

Uma parcela de 13% dos alunos explicou que a esponja de aço tem tendência a se enferrujar naturalmente no pré-teste. No pós-teste, esse tipo de explicação não foi mencionado. Essa redução demonstra que os alunos mudaram suas ideias para as categorias que se referem às reações.

No pré-teste, apenas um aluno (4%) mencionou o ar como participante da reação com o ferro, além da água. Houve aumento na frequência das respostas em que o ar é reconhecido como participante, para 4 alunos (17%) no pós-teste evidenciando que estes alunos, após a sequência didática, incluíram um participante na reação além da água. Apesar de não ter sido possível detectar se estes alunos conseguem diferenciar 'gás oxigênio' 'ar', o aumento na frequência de respostas desta categoria foi considerado como evolução no aprendizado de alguns alunos devido ao reconhecimento de um participante não diretamente observável.

Nenhum aluno mencionou o reagente oxigênio como participante da reação de formação da ferrugem no primeiro teste. No pós-teste, 22% dos alunos consideraram a participação do oxigênio como reagente junto com a água. Comparando os dois resultados, consideramos que pode ter ocorrido uma evolução nas ideias de alguns alunos.

Ao analisar o Quadro 2, que mostra a frequência de respostas sobre como os alunos explicam o que acontece com o combustível de um carro ao ser consumido, observou-se que uma parcela de 17% de alunos atribuiu suas explicações à formação de novas substâncias no pré-teste. Houve um aumento na frequência destas respostas no pós-teste para 22%, o que pode evidenciar outra evolução nas ideias dos alunos no sentido de explicar o fenômeno como TQ.

A maioria dos alunos, 57%, respondeu que ocorreu evaporação do combustível no pré-teste. Mesmo após a sequência didática, a frequência de respostas a respeito de mudança de estado físico aumentou para 65%. Esse aspecto (combustão) não foi tratado diretamente na sequência didática, mas foi elaborado com o propósito de verificar como os alunos relacionam as ideias em outro contexto diferente dos abordados em aula. Percebe-se que os alunos tiveram dificuldade em relacionar ideias discutidas na aula com outro contexto e, mais uma vez, a maioria dos alunos desconsiderou o papel do oxigênio na reação optando, neste caso, por relacionar o fenômeno a uma mudança de estado físico.

Seis alunos (26%) responderam vagamente, não fornecendo uma explicação coerente no primeiro teste. No segundo teste, a frequência destas respostas diminuiu para 13%. Essa redução de 50% pode demonstrar que, após a sequência didática, uma parcela de alunos mudou suas ideias e possivelmente conseguiu fornecer uma explicação plausível.

Ao analisar os desenhos dos alunos quando foram solicitados a representar TQ no nível submicroscópico destaca-se, no Quadro 3, que, no pré-teste, 17% dos alunos representaram TQ no nível submicroscópico com rearranjo e conservação de átomos e que, no pós-teste, ocorreu um aumento considerável de frequência de respostas para quase metade dos alunos, 48%. Isto pode indicar uma evolução nas ideias no domínio de representação atômico-molecular de TQ mais coerentes com as ideias cientificamente aceitas.

No pré-teste, 13% dos alunos representaram o fenômeno no nível submicroscópico com rearranjo e sem conservação de átomos. No pós-teste, houve um aumento para 26% na frequência dessas representações. Observa-se que houve evolução por parte de alguns alunos no sentido de representar TQ no nível atômico-molecular com rearranjo. Entretanto, parece que a conservação de átomos ainda é um assunto de difícil compreensão para muitos alunos.

Na categoria submicroscópico sem rearranjo, ocorreu redução na frequência de respostas de 13% para 9%, enquanto na categoria representação macroscópica a redução foi de 13% para 4%. Representações vagas e respostas sem informações tiveram sua frequência reduzida de 44% para 13%. Todos esses resultados parecem indicar que a sequência didática contribuiu para a mudança de ideias dos alunos. É importante ressaltar, ainda, que uma parcela de alunos mudou de ideia para as outras categorias de representação que envolve a ideia de rearranjo.

A questão que solicitava a definição de TQ foi abordada apenas no pré-teste. No pós-teste, esse assunto não foi mencionado diretamente, para que a maneira de se perguntar não resultasse em indução a respostas decoradas do pré-teste ou memorizadas de definições fornecidas na literatura. No entanto, ele foi tratado no contexto das outras questões.

Nesta questão do pré-teste, foi pedido aos alunos que definissem o termo TQ. Ao analisar o Quadro 4, observamos que a maioria dos alunos, 43,5%, atribuiu suas explicações à formação de novas substâncias. Dentre essas respostas, alguns alunos confundiram os termos 'elemento' e 'substância'. Isto está de acordo com alguns trabalhos apresentados na literatura que discutem reações químicas como, por exemplo, Kind (2004) e Rosa e Schnetzler (1998). Essas últimas autoras também afirmam que a incompreensão de conceitos fundamentais do conhecimento químico como o de 'substância' pode ser indicativo da dificuldade dos alunos em compreender as reações químicas. Mas nesta categoria, as respostas que mencionavam ideia de "formação", mesmo que de elementos, foram consideradas, pois não era nosso objetivo analisar a distinção previamente mencionada.

Ainda com relação ao Quadro 4, percebe-se que quase metade dos alunos explicou TQ como ideia de formação de novos materiais. Entretanto, quando foram solicitados a aplicar este conceito para explicar um fenômeno contextualizado como o da combustão (Quadro 2), a maioria dos alunos teve dificuldade em relacionar o assunto TQ à formação de novas substâncias. Esse percentual considerável de respostas no pré-teste (43,5%) pode ter ocorrido pelo fato de os alunos terem resgatado conceitos memorizados, pois o número de alunos que associou o fenômeno à formação de novas substâncias na combustão foi muito menor.

Os Quadros 5 e 6 correspondem ao aspecto 'Massa nas transformações químicas' e este assunto foi tratado apenas no pós-teste, pois, como comentado na Metodologia, a dificuldade dos alunos em relação a esse aspecto foi detectada a partir de suas respostas no pré-teste.

No Quadro 5, são mostradas as frequências das respostas, quando os alunos foram solicitados a estimar se a massa final de uma esponja de aço após enferrujada aumentaria, diminuiria, ou seria a mesma em relação à massa inicial.

Uma parcela de 17% dos alunos forneceu respostas coerentes, pois eles responderam que a massa da esponja enferrujada seria maior do que a massa

inicial. Estes alunos consideraram a participação do oxigênio na formação da ferrugem e, por isso, concluíram que a massa dos produtos formados seria maior.

Apenas 4% dos alunos disseram que a massa final era igual à inicial. Estes alunos não deram a devida importância ao fato de o sistema estar aberto e, talvez por isso, desconsideraram a participação do oxigênio na reação.

A maioria dos alunos, 70%, não forneceu uma explicação coerente. Este percentual indica que a maior parte dos alunos teve dúvida em analisar a massa nas TQ que ocorrem em sistema aberto.

No Quadro 6, são mostradas as frequências das respostas dos alunos para a estimativa sobre se a massa final de um pedaço de papel queimado em um recipiente fechado aumentaria, diminuiria, ou seria a mesma em relação à massa inicial.

Uma parcela de 26% dos alunos respondeu que a massa final diminuiria. Parece que eles não consideraram a massa dos produtos gasosos formados, ou não deram importância ao fato de o sistema estar fechado.

A maioria dos alunos, 48%, disse que a massa do sistema final não era alterada, ou seja, quase metade da turma acertou a questão, pois pensou que dentro de um recipiente fechado não há escape de produtos e nem inclusão de reagentes.

Uma quantidade considerável de alunos, 26%, não respondeu à questão ou não forneceu uma explicação plausível para o que foi perguntado.

O índice de acerto foi maior em relação a reações em sistema fechado do que em sistema aberto. Isto pode ser explicado considerando-se que, provavelmente, os alunos focam no aspecto sensorial, através do qual percebem mais facilmente a fumaça de produtos gasosos que não escapam para o ambiente por estar em um sistema fechado. Ao mesmo tempo, eles não 'visualizam' a reação de componentes gasosos do ambiente com a esponja de aço. Esta percepção também pode ter sido facilitada pelo experimento realizado na sequência didática (Anexo 3), em que a reação entre o vinagre e o bicarbonato provocou o enchimento de um balão adaptado à saída do frasco onde a reação ocorreu. Isso pode ter levado os alunos a considerar os gases produzidos pela reação.

Para uma análise mais minuciosa da evolução das concepções dos alunos, buscamos relacionar respostas de determinadas categorias com outras de aspectos diferentes, porém afins, recorrendo-se às tabelas cuja elaboração foi mencionada na



Metodologia, as quais associavam o código do aluno à categoria de resposta por ele fornecida. Isso permitiu localizar e relacionar as concepções dos alunos individualmente, no pré- e no pós-teste.

A partir dessas tabelas, verificamos como discutido anteriormente, que apenas 22%, ou seja, cinco alunos (Quadro1), mencionaram o oxigênio como participante de formação da ferrugem e que 17% (Quadro 5) conseguiram prever o aumento de massa final da esponja enferrujada. Entretanto, daqueles cinco alunos que mencionaram o oxigênio na reação, nenhum atribuiu um aumento de massa à esponja de aço após o enferrujamento. Provavelmente, estes alunos memorizaram os reagentes que formam a ferrugem e, por isso, não conseguiram aplicar a ideia no contexto de análise da massa nas TQ. Portanto, parece que reações em sistemas abertos que envolvem reagentes gasosos ainda é um assunto de difícil compreensão para muitos.

Relacionamos também alunos que apresentaram respostas comuns aos dois aspectos: "Explicação do fenômeno combustão" (Quadro 2) e "Representação do fenômeno" (Quadro 3). A partir daí, verificamos quais deles conseguiram explicar TQ relacionando o nível macroscópico e submicroscópico.

No pré-teste, quatro alunos explicaram TQ como formação de novas substâncias na transformação ocorrida com o combustível (Quadro 2), mas apenas dois deles conseguiram também fornecer uma representação para TQ no nível atômico-molecular, com conservação de átomos (Quadro 3). Esses mesmos dois alunos tiveram suas respostas incluídas nas mesmas categorias do pós-teste, indicando que eles já apresentavam uma concepção adequada do fenômeno.

No pós-teste, de uma maneira geral, ocorreu um aumento na frequência de respostas nestas duas categorias. No aspecto "Representação do fenômeno", onze alunos expressaram suas ideias no domínio submicroscópico com conservação de átomos. Destes, apenas quatro alunos também descreveram a combustão como formação de novas substâncias. Como dois deles são aqueles que, como comentamos anteriormente, apresentou respostas adequadas nos dois testes, efetivamente apenas os outros dois alunos podem ter apresentado uma evolução em suas concepções referentes a esses aspectos ao longo do processo.

É importante ressaltar que o objetivo dessa análise final foi acompanhar as ideias dos alunos individualmente abordando aspectos que, em conjunto, foram considerados mais relevantes para a detecção de uma possível evolução em suas

concepções ao longo do processo. Isso não significa que os demais alunos não citados nesta análise não tenham tido qualquer evolução nestes aspectos, mas que suas evoluções podem ter sido mais pontuais.

Como exemplo, pode-se citar o aluno A25 que passou a considerar o oxigênio como um dos reagentes de formação da ferrugem. No pré-teste, este aluno atribuía suas explicações para o fenômeno apenas à água. Levando-se em consideração as discussões encontradas na literatura e citadas neste trabalho sobre a dificuldade de os alunos atentarem para a participação de reagentes gasosos em uma reação, consideramos que isto significa uma evolução, mesmo que pontual, nas ideias do aluno.

Outro exemplo que ilustra esse tipo de evolução é o do aluno A2. No primeiro teste, ele representou TQ vagamente, enquanto no segundo ele produziu representações no nível submicroscópico com conservação de átomos, apesar de não ter apresentado nenhuma outra modificação em suas ideias com relação às outras categorias.

Estes exemplos sugerem também possíveis evoluções nas ideias dos alunos e, como todo indicativo de aprendizado deve ser considerado, mesmo que não tenha ocorrido da forma global, almejada pelo professor ao longo do processo.

A última questão do pós-teste foi elaborada para buscar as opiniões dos alunos a respeito da forma com que foi realizada a sequência didática e também sobre aquilo que eles acreditavam ter aprendido. A seguir, serão apresentados alguns trechos de falas dos alunos que ilustram as opiniões manifestadas:

*“Aprendi que não precisamos ser cientistas ou químicos para fazermos experimentos e podemos usar materiais do dia-a-dia.” (A24)*

*“Achei muito interessante para sermos mais participativos e também é mais fácil para aprender.” (A24)*

*“Achei perfeito, porque nós ficamos cansados de ficar só copiando matéria e nesta aula a gente interage.” (A27)*

*“Eu pude aprender que as reações químicas ocorrem nas coisas mais simples.” (A27)*

Essas manifestações nos fornecem indícios de que a sequência didática pode ter possibilitado aos alunos compreender que a ciência também está inserida em situações simples do cotidiano e não apenas em laboratórios. Eles argumentaram também que os experimentos lhes possibilitaram um espaço para discussões com os colegas e com a professora, confirmando a proposta de Giordan (1999), além de

propiciar a observação da ocorrência do fenômeno sem ter de imaginá-lo a partir da descrição de outro (professor ou livro didático).

## 6 CONCLUSÕES

Como salientado neste trabalho, aulas experimentais podem constituir uma estratégia para motivar os alunos na promoção de discussões nas aulas e, com isso, auxiliar a elaboração de conhecimentos científicos por meio da investigação. O tema Transformações Químicas foi escolhido para ser trabalhado nesta perspectiva. Este, por ser central no currículo da Química, deve ser bem compreendido pelos alunos.

A análise dos resultados obtidos neste estudo apoia pontos importantes apresentados pela literatura que enfatizam que TQ é um tema de difícil compreensão por parte dos alunos (BARKER & MILLAR 1999; KIND, 2004; MORTIMER, & MIRANDA, 1995).

Algumas dessas concepções errôneas ainda persistiram em boa parte da amostra de alunos após a realização da sequência didática, como a dificuldade que os alunos apresentaram em entender o envolvimento de gases do ambiente em certas reações e a incompreensão que estes têm de aspectos referentes à massa.

Por exemplo, houve casos em que os mesmos alunos que citaram o oxigênio como reagentes da ferrugem não conseguiram prever o aumento de massa da esponja de aço após a queima, por causa desse participante. Essa dificuldade dos alunos em explicar reações em sistema aberto é confirmada pela pesquisa de Barker e Millar (1999). No entanto, mesmo que estes alunos não tenham compreendido que o produto da reação da ferrugem tem massa maior, ainda assim, considerou-se um ganho significativo eles especificarem um reagente imperceptível.

Outro exemplo é o aumento na frequência de respostas (57% para 65%) que explicavam a transformação do combustível em um carro como evaporação. Uma provável justificativa para esse aumento seria o fato de este assunto tratar de um contexto que não foi abordado na sequência didática. Essa concepção corrobora as ideias apresentadas por Barker e Millar (1999) e Mortimer e Miranda (1995) de que alunos tendem a centrar suas explicações sobre TQ na ideia de mudança de estado físico.

Por outro lado, quando os alunos foram convidados a definir o termo TQ, 43,5% explicaram o processo como formação de novas substâncias, um valor significativo se comparado com a mesma categoria do aspecto combustão (22%). Isso pode indicar que os alunos ainda se prendem a definições memorizadas e que, quando se deparam com uma situação-problema, apresentam dificuldade em contextualizar suas ideias.

O objetivo geral deste trabalho foi verificar como a experimentação e as discussões promovidas a partir dela influenciam o aprendizado dos alunos sobre o tema TQ. Mais especificamente, pretendíamos verificar qual o nível de compreensão sobre o domínio macroscópico e submicroscópico do assunto após a sequência didática.

Na análise geral dos percentuais, a frequência de respostas aumentou no sentido de considerar o oxigênio como um dos reagentes de formação da ferrugem (aumento de 22%), de explicar o fenômeno da combustão como formação de novas substâncias (aumento de 5%) e representar TQ no nível submicroscópico, considerando o rearranjo e a conservação de átomos (aumento de 31%).

Por outro lado, na análise mais minuciosa, verificamos que apenas dois alunos dos vinte e três analisados conseguiram explicar TQ nos dois domínios macroscópico e submicroscópico. Consideramos que este é um valor baixo, mas também observado em outros trabalhos como Solsona *et al.* (2003), em que somente seis alunos no primeiro teste e quatro no segundo de uma amostra de cinquenta e um alunos espanhóis conseguiram explicar o conceito de TQ relacionando os dois níveis. Estes resultados confirmam a dificuldade que os alunos têm em compreender TQ, principalmente, nos dois níveis de conhecimento simultaneamente.

Além disso, é importante considerar o contexto da escola em que realizamos nosso trabalho e dos alunos que a compõem. Aquela não possui laboratório de ciências e nenhum material para execução de experimentos. No que diz respeito aos alunos, foi a primeira vez em que eles tiveram contato com este tipo de sequência didática.

A partir desses e dos outros aspectos aqui discutidos, sugerimos que aumentos aparentemente baixos na frequência de respostas destes alunos podem representar uma evolução em suas ideias de forma a se aproximarem de uma explicação mais coerente com aquela cientificamente aceita. Isso deve ser levado

em consideração se compreendemos as dificuldades inerentes à aprendizagem do tema e se defendemos um processo de ensino e aprendizagem de ciências graduais e significativas.

## 7 IMPLICAÇÕES

Este estudo possibilitou entender algumas das principais dificuldades de compreensão apresentadas pelos alunos relacionados às TQ que nos permitem vislumbrar algumas das implicações deste trabalho.

A primeira delas é a importância de os professores de química buscar os conhecimentos prévios dos alunos através de avaliações diagnósticas para conhecer suas concepções alternativas, usando este como ponto de partida para se chegar ao ponto de vista científico.

A segunda implicação refere-se ao fato de que, antes de se abordar o conteúdo TQ, deve-se trabalhar melhor o conceito de gases e demonstrar que estes têm massa e volume, pois neste estudo identificamos a dificuldade de alguns alunos em compreender a presença de gases nas reações.

Outro ponto relevante, destacado por Mortimer e Miranda (1995), é o professor introduzir o tema TQ com experimentos simples para demonstrar alguns fatores da TQ e, somente após uma boa compreensão no nível fenomenológico e atômico-molecular por parte dos alunos, abordarem a representação por equações químicas. Seguindo essa sequência de abordagem do tema, evita-se a confusão da representação com o próprio fenômeno, evitando também que o aluno apenas relacione as TQ a “exercícios algorítmicos”, conforme a discussão de Schnetzler e Rosa (1998).

Para que isso ocorra, é importante também que os experimentos possibilitem discussões a partir de seus resultados (Giordan, 1999) e que estas, no caso das TQ, permitam o estabelecimento de relações entre o nível macroscópico e submicroscópico, de forma a tornar possível que as concepções dos alunos se aproximem mais da visão cientificamente aceita.

Finalmente, este trabalho contribuiu muito para minha formação como professora, uma vez que possibilitou a oportunidade de fazer uma reflexão crítica

sobre a própria prática ou sobre as mudanças causadas a partir das atividades aplicadas.

A experiência adquirida com este trabalho foi muito enriquecedora tanto no âmbito pessoal quanto profissional. A execução de experimentos e a promoção de discussões possibilitaram a troca de experiências dentro da sala de aula e isso me mostrou que os alunos possuem informações importantes de sua realidade e que muito contribuiu para o desenvolvimento das atividades. Desenvolver atividades deste tipo é um processo desafiador e exige muita dedicação do professor e um contínuo aprimoramento profissional e de reflexão crítica de seu trabalho.

Assim, espero que as informações obtidas neste estudo também possam contribuir para professores proporem mudanças em suas práticas pedagógicas a fim de melhorar o ensino e aprendizagem de TQ no Ensino Médio.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APEC. **Construindo Consciências: ciências**, 7ª série. 2ª edição. São Paulo: Scipione, 2006.

BARKER, Vanessa; MILLAR, Robin. **Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course?** INT. J. SCI. EDUC., VOL. 21, n. 6, 645–665, 1999.

GEPEQ. **Interações e Transformações III: Química – Ensino Médio: A Química e a Sobrevivência / Atmosfera – Fonte de Materiais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.

GIORDAN, Marcelo. **O papel da Experimentação no Ensino de Ciências**. Química Nova na Escola, n. 10, 43-49, nov. 1999.

KIND, Vanessa. **Beyond Appearances: Students' Misconceptions about Basic Chemical Ideas**. 2ª edição. London: Royal Society of Chemistry, 2004.

MEC, Secretária da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química para o Ensino Médio**. São Paulo: Editora Scipione, 2002.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MIRANDA, Luciana Campos. **Transformações: Concepções de estudantes sobre reações químicas**. Química Nova na Escola, n. 2, 23-26, nov. 1995.

ROMANELLI, Lilavate Izapovitz; DAVID, Marciana Almendro; LIMA, Maria Emília C.C.; SILVA, Penha Souza; MACHADO, Andréa Horta. **Conteúdos Básicos Comuns –CBC 2007– Química Ensino Médio**. Minas Gerais.

ROSA, Maria Inês de Freitas Petrucci S.; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico**. Química Nova na Escola, n. 8: 31-35, nov. 1998.

SOLSONA, Núria; IZQUIERDO, Mercè; JONG, Onno de. **Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change**. INT. J. SCI. EDUC., VOL. 25, n. 1, 3-12, 2003.

**ANEXO 1- Pré-teste**

1. Explique por que a esponja de aço (Bombril<sup>®</sup>) após certo tempo de uso fica enferrujada.
2. Identifique e explique algum outro motivo pelo qual um portão é pintado que não seja apenas para ficar bonito.
3. Por que a maçã, ao ser descascada, fica escura?
4. Por que ao se adicionar suco de limão à maçã, ela não fica escura?
5. Explique por que o abacaxi não escurece após ser descascado.
6. Um carro é abastecido com combustível e é dirigido até que o tanque de combustível fique vazio. O que aconteceu com o combustível? Por quê?
7. O que você entende por transformações químicas? Faça um desenho que represente suas ideias no nível submicroscópico.



## ANEXO 2- Roteiro de aula experimental I

### *De que depende o enferrujamento?*

#### *Materiais:*

- 4 frascos de plástico
- 4 pregos
- Algodão
- Água de torneira
- Sílica
- Óleo de cozinha
- Esponja de aço

#### *Procedimentos:*

- Retire a camada polida dos pregos com esponja de aço.
- Frasco 1 – Coloque o prego.
- Frasco 2- Coloque o prego e a sílica e tampe o tubo com um pedaço de algodão.
- Frasco 3- Coloque o prego e cubra-o com água de torneira.
- Frasco 4- Coloque o prego e cubra-o com água fervida. Adicione um pouco de óleo de cozinha. Feche o frasco com a tampa.
- Anote as características iniciais dos sistemas na tabela abaixo. Deixe os frascos, sem tocar, até a próxima aula, quando serão registradas as observações referentes ao estado final dos sistemas.

#### *Resultados:*

Frasco	Estado Inicial	Estado Final
1		
2		
3		
4		

*Questões para discussão:*

1. Em quais dos frascos observados, notou-se maior quantidade de ferrugem no estado final? Que materiais constituíram esse sistema no estado inicial?
2. Houve algum frasco em que não se observou a formação de ferrugem? Que materiais constituem esse sistema no estado inicial?
3. Que materiais você considera que favorece o enferrujamento? Como você chegou a esta conclusão?
4. Observou-se evidência de transformação química nos sistemas em que se formou ferrugem? Se sim, qual (is)?

*Investigando a maçã**Materiais:*

- 2 maçãs
- Limão
- Açúcar
- Faca

*Procedimento:*

- Corte a maçã em fatias.
- Escolha três fatias que apresentem uma superfície grande da polpa.
- Coloque sobre uma das fatias suco de limão, de forma a cobrir-lhe toda a superfície.
- Da mesma forma, espalhe açúcar sobre outra fatia.
- Deixe a terceira fatia sem qualquer proteção.
- Mantenha este conjunto em local protegido, para que não seja manipulado por alguém.

- Anote as características iniciais dos três sistemas na tabela abaixo. Deixe os sistemas, sem tocar, até a próxima aula, quando serão registradas as observações referentes ao estado final.

*Resultados:*

<b>Sistemas</b>	<b>Estado Inicial</b>	<b>Estado Final</b>
Maçã + suco de limão		
Maçã + açúcar		
Maçã		

*Questões para discussão:*

1. Em quais sistemas observou-se o escurecimento da maçã? Que materiais constituíram esse sistema no estado inicial?
2. Em quais sistemas não se observou o escurecimento da maçã? Que materiais constituíram esse sistema no estado inicial?
3. Quais materiais favorecem o escurecimento da maçã? Como você chegou a esta conclusão?
4. Observou-se evidência de transformação química nos sistemas em que a maçã escureceu? Se sim, qual (is)?
5. Com base em suas observações, nos experimentos realizados e em nossas discussões, explique o que são transformações químicas? Faça um desenho que represente suas ideias no nível submicroscópico.

### ANEXO 3- Roteiro de aula experimental II

#### ***O que acontece com a massa?***

##### *Materiais:*

- Esponja de aço
- Fósforo ou isqueiro
- Papel de Alumínio
- Balança
- Colher de chá
- Balão e dois frascos de plástico
- Vinagre
- Bicarbonato de sódio

##### *Procedimento:*

- Cubra a balança com papel alumínio para não danificar o prato da bandeja.
- Coloque um pedaço de esponja de aço sobre a bandeja da balança e anote a sua massa.
- Coloque fogo na esponja de aço, observando a queima. Ao final da queima, anote a sua massa.
- Coloque aproximadamente 50 mL de vinagre no frasco.
- Coloque uma colher de chá de bicarbonato de sódio dentro do balão.
- Coloque o frasco na bandeja, sem deixar cair bicarbonato de sódio no vinagre, conecte o balão no gargalo do frasco e anote a massa do conjunto.
- Despeje o bicarbonato de sódio no vinagre e anote a massa do conjunto, após a reação.
- Coloque 50 mL de vinagre em outro frasco.
- Pese uma colher de chá contendo bicarbonato de sódio junto com o frasco. Anote a massa do conjunto.
- Adicione o bicarbonato no frasco de vinagre. Ao final da reação, anote a massa.

*Resultados:*

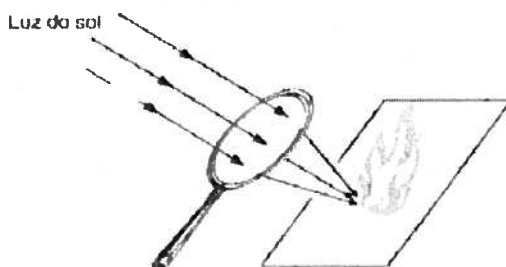
<b>Sistema</b>	<b>Massa inicial</b>	<b>Massa final</b>	<b>Diferença de massa</b>
Esponja de aço			
Bicarbonato de sódio (dentro do balão) + vinagre			
Bicarbonato de sódio + vinagre			

*Questões para discussão:*

1. Explique se a massa final dos três sistemas é maior, menor ou igual ao sistema inicial.
2. Explique por que houve variação na massa do sistema com a esponja de aço.
3. Explique por que não houve variação no sistema (bicarbonato de sódio + vinagre) na qual se utilizou o balão.
4. Explique por que houve variação no sistema (bicarbonato de sódio mais vinagre) na qual não se utilizou o balão.
5. Com os dados da tabela, é possível afirmar que a massa conserva-se em uma transformação química? Explique.
6. Represente a conservação da massa nas transformações químicas no nível submicroscópico.

**ANEXO 4- Pós-teste**

1. Explique por que a esponja de aço (Bombril<sup>®</sup>) após certo tempo de uso fica enferrujada.
2. Faça um desenho que represente suas idéias sobre o que você respondeu na questão 1, no nível **sub-microscópico**.
3. Após o enferrujamento da esponja de aço (Bombril<sup>®</sup>), pesa-se o sistema. A massa final desse sistema é *maior, menor ou igual* à massa inicial? **Explique**.
4. Um recipiente contendo um pedaço de papel foi pesado após ter sido fechado. Utilizando-se uma lente convergente (que concentra a luz do sol em um ponto, como mostrado na figura abaixo), um aluno fez incidir raios solares sobre o papel que começou a queimar dentro do recipiente fechado, liberando gases. Após a queima, a massa final desse sistema ficou *maior, menor ou igual* à massa inicial? **Explique**.



5. Um carro é abastecido com combustível e é dirigido até que o tanque de combustível fique vazio. O que aconteceu com o combustível? **Por quê?**
6. Nesta parte de nossos estudos realizamos uma série de experimentos e discussões em sala de aula.
  - a. O que você acredita ter aprendido com eles?
  - b. Qual a sua opinião sobre essa forma de se realizar os estudos de química?