

## CONCEPÇÕES DE UM GRUPO DE ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO SOBRE TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

### HIGH SCHOOL STUDENTS' CONCEPTIONS ABOUT CHEMICAL REACTIONS

**Erivanildo Lopes da Silva<sup>1</sup>**  
**Fabio Luiz de Souza<sup>1</sup>**  
**Maria Eunice Ribeiro Marcondes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências IQ/IF/FE - USP, erilopes@iq.usp.br, fsouza@iq.usp.br

<sup>2</sup>Instituto de Química da USP

#### Resumo

Diversas pesquisas em ensino de química têm mostrado que o conceito de transformação química é mais complexo do que parece e que as muitas concepções alternativas que foram relatadas na literatura são difíceis de serem superadas. Neste trabalho relata-se uma investigação realizada com 44 estudantes de ensino médio onde procurou-se conhecer quais suas concepções sobre o conceito transformação química e como eles classificam as transformações química que ocorrem em organismos vivos ou na natureza (transformações bioquímicas). Foram encontradas diversas concepções alternativas nas declarações dos estudantes e descobriu-se que, embora eles já houvessem estudado este tema anteriormente, apenas uma pequena parte dos estudantes tem uma visão correta deste conceito. A maioria dos estudantes acredita que os fenômenos naturais que ocorrem em organismos vivos não são transformações químicas. Esta concepção alternativa está ligada a outras concepções observadas na pesquisa, indicando que as relações conceituais envolvidas neste conceito são realmente complexas.

**Palavras-chave:** Transformações químicas, concepções alternativas, transformações bioquímicas.

#### Abstract

Several studies in chemical education have shown that the concept of chemical reaction is more complex than it seems and that many misconceptions that were related in the literature are difficult to overcome. This work relates an inquiry carried out with 44 high school students aiming to know their conceptions about chemical reaction and how they classify the chemical reactions which takes place in alive organisms or in nature (biochemical reactions). Several alternative conceptions in the statements of the students had been found, although they already had studied this subject previously. Only a small part of the students have a correct view of this concept. The majority of the students believe that the natural phenomena that happen in living organisms are not chemical reactions. This misconception is connected to other conceptions pointed out in this research, revealing that the relations involved are really complex.

**Keywords:** Chemical reactions, misconceptions, biochemical reactions, conceptual change

## INTRODUÇÃO

Partindo da idéia fundamental de que na sociedade contemporânea seja indispensável a todo cidadão conhecimentos básicos das ciências (e este “básico” obviamente não é consensual) e que estes devam ser apreendidos principalmente (e não exclusivamente) mediante a educação formal, busca-se neste trabalho conhecer e refletir sobre as formas de pensar a química de um grupo de estudantes do ensino médio. Em especial, focalizam-se nas próximas páginas as diferentes formas de entendimento das transformações químicas por parte de alguns estudantes.

O estudo do tema transformação química tem sido considerado tanto por pesquisadores, professores e Ministério da Educação como parte fundamental do saber científico no campo da disciplina escolar Química ao nível do Ensino Médio. Importante por ser o eixo principal no desenvolvimento dos conteúdos de química, mas também por ser necessário aos cidadãos (não apenas aos estudantes) para que haja uma melhor compreensão do mundo físico que os rodeia (PCN, 2002). Aprender a reconhecer, classificar, descrever, representar, interpretar e prever as transformações químicas é condição não apenas desejável, mas fundamental para que haja compreensão de muitos dos demais conteúdos curriculares de química.

Um nível de compreensão adequada das transformações químicas, ou seja, saber relacionar os fenômenos (observáveis ou não) a modelos explicativos compreensíveis e coerentes, acoplados à linguagem própria da ciência química permite, ainda, o entendimento de grande parte dos processos que ocorrem ao nosso redor no nosso dia a dia (Johnstone, 1982)

Embora a transformação química tenha importância central no currículo escolar de Química, sua aprendizagem é complexa, fator que colabora para a manutenção de idéias prévias destoantes dos conhecimentos cientificamente aceitos, e o surgimento de concepções alternativas. Seu entendimento envolve a busca de explicações para os fenômenos físicos em sua maioria observáveis necessitando recorrer a interpretações conforme modelos explicativos microscópicos (PCN 1999).

O PCN também aponta que o conceito de transformação química é necessário para que o aluno desenvolva competências adequadas para reconhecer e empregar, a partir das informações, a representação simbólica das transformações químicas, podendo esta possibilitar ao aluno a transição esperada do plano observável das transformações químicas para os modelos explicativos microscópicos, colaborando assim para uma aprendizagem mais significativa e evitando o surgimento das concepções alternativas.

Muitos estudos acerca das transformações químicas e as concepções alternativas surgidas no processo de aprendizagem deste tema foram desenvolvidos nas últimas duas décadas. A seguir discutem-se alguns desses trabalhos de investigação.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERENCIAIS TEÓRICOS

A maioria das pesquisas realizadas sobre as concepções dos estudantes sobre as transformações químicas ocorreu ao longo das décadas de 80 e 90. Uma das pesquisas de maior repercussão no meio acadêmico foi realizada por Andersson e seus colaboradores no início da década de 80. Este trabalho tem sido um referencial para muitas pesquisas realizadas sobre as transformações químicas, sendo um marco teórico importante também para este trabalho. Andersson (1986) propõe que os estudantes usam cinco formas para explicar as transformações químicas. Estas categorias foram propostas a partir de pesquisas realizadas com 2800 estudantes suecos com idades entre 12 e 15 anos, relatadas em trabalhos anteriores. Os estudantes tinham que explicar alguns fenômenos do cotidiano que envolviam transformações químicas, tais como oxidação de encanamentos de cobre e queima de combustíveis em automóveis. As categorias propostas foram:

1. *É natural que seja assim*: Não são apresentadas explicações para os fenômenos, elas ocorrem com certos materiais porque é esperado que seja assim.
2. *Deslocamento*: As novas substâncias aparecem em um dado local porque formas *deslocadas* para lá.
3. *Modificação*: As novas substâncias são exatamente as mesmas que havia antes, apenas sofreram algumas *modificações* em sua aparência ou estado físico.
4. *Transmutação*: As substâncias se transformam porque seus átomos se transformam. Não há a idéia de rearranjo atômico e sim de transmutação de átomos (ferro em carbono, p.e.). As substâncias podem se transformar em energia e vice-versa; ou mesmo desaparecerem (transformação em nada).
5. *Interação química*: As substâncias originais se transformam nas novas pela recombinação dos átomos, que são conservados neste processo.

Anderson (1990) analisou as concepções de estudante com idades entre 11 e 17 anos e propôs praticamente as mesmas categorias, com exceção da primeira que (“é natural que seja assim”) onde surge a idéia de “desaparecimentos”. Nesta concepção de transformação química os estudantes acreditam que ocorre um mero desaparecimento de algumas substâncias. Cerca de 15% dos estudantes respondem que o combustível de um automóvel simplesmente desaparece quando é queimado.

O pesquisador conclui no primeiro trabalho que para que haja uma mudança conceitual é necessário que: a) os estudantes sejam conscientizados pelos professores sobre as limitações de suas explicações e achem as explicações dos professores mais compreensíveis e melhores; b) os professores conheçam as concepções alternativas dos estudantes sobre esse tema para poder desenvolver estratégias para a mudança conceitual e c) sejam considerados os fatores emocionais envolvidos no processo de mudança conceitual de modo que os estudantes se sintam respeitados e seguros para expor suas idéias.

Solsona e Izquierdo (1999, 2003) investigaram os modelos teóricos ou perfis conceituais de um grupo de 51 alunos de segundo e terceiro ano da escola secundária. As pesquisadoras pediram que os alunos escrevessem redações sobre tudo o que eles recordassem sobre transformações químicas, explicitando os conceitos, dando os melhores exemplos que pudessem sobre as transformações químicas e propondo explicações para estes exemplos ao nível microscópico.

A análise da microestrutura semântica dos textos produzidos pelos alunos revelou a existência de quatro modelos teóricos – as pesquisadoras afirmam, entretanto, que estes modelos teóricos não são únicos e nem estáticos, mas fazem sentido aos alunos. Os modelos observados foram denominados como *incoerente*, *mecânico*, *cozinha* e *interativo*.

O primeiro (apresentado por 33% dos estudantes) é caracterizado pela ausência de explicações para as transformações químicas e pela incoerência das declarações. O segundo (33%) tem o foco voltado para as explicações microscópicas e os exemplos citados são teóricos (experimentos de bancada). O terceiro modelo, denominado *cozinha* (26%), é constituído de explicações ao nível macroscópico e tem como exemplos fenômenos observados pelos alunos sem, entretanto, estabelecer qualquer explicação ao nível microscópico. O último modelo, o *interativo* (8%) apresenta uma relação coerente e equilibrada entre os níveis macroscópico e microscópico. Neste caso os exemplos dados foram apenas teóricos.

As pesquisadoras concluíram que na maioria das vezes os modelos teóricos dos alunos não são errados, eles apenas são incompletos ou parciais devendo, então, o ensino das transformações químicas se dar de modo a favorecer a relação de complementaridade das explicações.

Os textos produzidos pelos estudantes possibilitaram ter uma visão bastante abrangente dos modelos teóricos devido ao uso de uma questão *aberta*. Talvez se a investigação se desse através de um conjunto de questões *fechadas* os resultados pudessem ter sido diferentes.

Alguns pesquisadores têm questionado ultimamente a efetividade das formas de avaliação tradicionalmente usadas (Cavallo, McNeely e Marek, 2003) e consideram que, de certa forma, está posto como desafio aos educadores e pesquisadores em educação o desenvolvimento de procedimentos de avaliação que consigam captar de maneira mais acurada o entendimento dos estudantes sobre os conceitos científicos. Questões de múltipla escolha ou testes do tipo “*verdadeiro ou falso*”, “*sim ou não*”, segundo os autores, têm se mostrado deficientes no processo de avaliação do entendimento de conceitos científicos e das habilidades de pensamento mais complexas. Essas estratégias de avaliação se mostram também ineficientes por não possibilitarem a contemplação de toda a diversidade de concepções alternativas que possam estar presentes em uma sala de aula.

Como alternativa a essas questões fechadas os autores propõem, com amplo respaldo da literatura, a utilização de questões *flexíveis* ou abertas no processo de avaliação. Estas questões permitiriam aos estudantes uma completa expressão de suas idéias. Assim, os avaliadores poderiam observar o que os estudantes conhecem e entendem, onde estão presentes concepções alternativas e se houve alguma mudança conceitual. Os pesquisadores ainda declaram:

As questões flexíveis podem ser particularmente importantes na Química, onde os estudantes podem dar respostas corretas a questões e problemas, tendo ainda pouco entendimento dos conceitos associados.

O movimento das concepções alternativas proporcionou um amplo mapeamento das explicações dadas pelos alunos antes e durante a aprendizagem formal. Tais explicações geralmente não coincidem com o conhecimento produzido pela ciência. Além disso, são persistentes e não se modificam facilmente mediante o ensino. Acreditava-se que insatisfações com estas idéias geradas por conflitos entre as previsões feitas e os resultados observados promovessem a adoção das novas concepções desde que estas fossem inteligíveis, plausíveis e frutíferas (Posner, 1982).

Apesar do certo êxito, apontado em alguns trabalhos, na modificação de algumas dessas idéias alternativas dos alunos, parece que, passado um certo tempo, muitas delas reaparecem, inclusive depois de várias situações de aprendizagem do mesmo conceito. Assim, a mudança conceitual passa a ser considerada um processo muito mais complexo e que deve ser pensado de outra maneira, mais como uma *evolução conceitual progressiva* do que como uma *substituição de conceitual* (Moreira, 1997).

Assumiu-se nesta investigação a posição de que conhecer as concepções alternativas dos estudantes sobre as transformações químicas *pode* nos possibilitar intervir de forma efetiva em sua aprendizagem. Assim, os objetivos desta investigação foram:

- *Conhecer as concepções sobre transformações químicas dos estudantes;*
- *Descobrir o que os estudantes pensam sobre as transformações bioquímicas e como eles as classificam (este objetivo será esclarecido mais adiante, na metodologia);*

## **METODOLOGIA**

No início da pesquisa foi realizado um estudo preliminar com 37 estudantes de uma turma do segundo ano do ensino médio de uma escola da cidade de São Paulo. Esta turma era composta por alunos do curso supletivo EJA (Educação de Jovens e Adultos) da rede pública de ensino, no horário noturno. Neste estudo preliminar foram investigadas quais as concepções dos estudantes sobre o conceito de “Transformação Química”.

Depois de analisadas as respostas dos estudantes, pôde-se perceber que duas idéias alternativas se destacavam. A primeira diz respeito à crença de que os fenômenos de mudança de estado físico corresponderiam a transformações químicas. Esta idéia não foi bem explicada pelos estudantes e também não é objeto de estudo neste trabalho por ter sido largamente investigada na literatura, principalmente por Anderson (1986), que incluía esta concepção dentro da categoria “modificação”. A segunda idéia apresentada foi que os fenômenos naturais (fotossíntese, apodrecimento, digestão, etc) não seriam transformações químicas.

A partir deste estudo preliminar pode-se desenhar as etapas da investigação que foi realizada a seguir com 44 estudantes do primeiro e segundo ano do Ensino Médio de uma outra escola da cidade de São Paulo, desta vez da rede particular de ensino e do período diurno.

Os 44 estudantes que participaram da investigação tinham idades entre 15 e 17 anos e cursavam a primeira e segunda série do Ensino Médio, com 22 estudantes em cada série. Eles já haviam passado por um ensino formal do tópico “Transformações Químicas”, entretanto, é preciso ressaltar que os alunos da primeira série ainda não haviam passado pelo ensino deste tópico ao nível microscópico (modelos atômicos e ligações químicas) e simbólico (fórmulas e equações químicas), apenas pelo macroscópico (fenomenológico)

Foi solicitado aos 44 estudantes que respondessem um questionário (Anexo 1) composto de duas questões. Na primeira questão eles deveriam escrever o que eles compreendem por “transformação química” e dar exemplos de fenômenos que eles consideram ser transformações químicas e outros que eles consideram não ser transformações químicas. A segunda questão era formada por um conjunto de nove fenômenos aos quais eles deveriam classificar como transformações químicas ou não e justificar as respostas dadas a cada um deles. Os fenômenos foram selecionados de modo que houvesse:

- Três transformações “químicas”: enferrujamento, queima de carvão e corrosão do mármore por ácido.
- Três transformações naturais: digestão de alimentos, fotossíntese, amadurecimento de um fruto.
- Três mudanças de estado físico: derretimento de um sorvete, evaporação do álcool, liberação do gás de um refrigerante.

Apesar de os fenômenos de digestão, fotossíntese e amadurecimento serem formados por conjuntos complexos de transformações químicas, as quais mobilizam uma diversidade imensa de substâncias, e não por uma única transformação química, achou-se por bem incluir esses fenômenos mesmo sem uma discussão mais detalhada sobre eles com os estudantes. Isso porque esses fenômenos já foram abordados no ensino formal nas aulas de biologia e ciências (fotossíntese e digestão) ou porque as evidências de transformações químicas são muito claras (amadurecimentos de uma fruta). Os fenômenos naturais que parecem não ser bem entendidos pelos estudantes são aqueles que ocorrem em organismos vivos, como os exemplos citados acima. Fenômenos *naturais* como enferrujamento ou queima de carvão parecem não estar sujeitos aos mesmos tipos de julgamentos dos estudantes. Por isso, quando nos referirmos a fenômenos *naturais* estamos nos referindo aos fenômenos bioquímicos, especificamente.

## RESULTADOS

### Análise da Questão 1

As respostas dadas à primeira questão formam analisadas de modo a compreender tanto o conceito de transformação química dos estudantes, quanto a detectar as concepções alternativas presentes em suas declarações. Qualquer outra forma de análise dos dados teria se mostrado por demais limitada, visto que muitas das declarações dos estudantes ora era um apanhado de concepções alternativas sem que fosse dada qualquer definição objetiva do conceito, ora

apresentava uma mescla de definições de conceito e concepções alternativas. Assim, preferiu-se nesta análise qualitativa dos dados olhar para ambas informações, conceito e concepção alternativa. A partir da análise dos dados foram constituídas as categorias e subcategorias mostradas a seguir (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1: Descrição das categorias e subcategorias da Questão 1.**

| <b>Categoria</b>   | <b>Subcategoria</b>   |   |
|--|---|---|
| <u>Perfil aceitável</u><br>São declarações coerentes do conceito de transformação química, mesmo que parciais. | <u>Cozinha</u><br>Foram enquadradas nesta subcategoria as definições de transformações químicas corretas, mas com enfoque macroscópico (mudança de substância, mudança de composição, mudança de propriedades do material). |   |
|  | <u>Mecânico</u><br>Foram enquadradas nesta subcategoria as definições de transformações químicas corretas, mas com enfoque microscópico (rearranjo de átomos, quebra e formação de ligações químicas entre átomos).         |   |
| <u>Perfil Incoerente</u><br>São declarações incorretas do ponto de vista da Química.                           | <u>Concepção alternativa</u><br>Declarações incorretas do ponto de vista da Química, mas que mostram de forma clara uma forma de pensamento sobre o conceito transformações químicas.                                       | <u>TQ como mudança de estado físico ou modificação.</u><br>A transformação química consiste na mudança dos aspectos visuais dos materiais, tais como o estado físico ou a cor, textura, cheiro, etc.  |
|  |   | <u>Necessidade de duas ou mais substâncias para que haja uma TQ.</u><br>Para que ocorra uma transformação química é necessário que pelo menos duas substâncias interajam; as transformações químicas não ocorrem com apenas uma substância. |
|  |   | <u>Processos naturais não são TQ.</u><br>As transformações que ocorrem em organismos vivos (animais ou plantas) não são transformações químicas.  |
|  |   | <u>TQ deve ocorrer naturalmente.</u><br>Só é uma transformação química se ocorrer naturalmente, ou seja, sem a intervenção do homem.  |
|  |   | <u>Uma substância age sobre outra</u><br>Nas transformações químicas uma substância tem um papel mais ativo ou é mais importante do que a outra.  |
|  |   | <u>Declarações confusas</u><br>Declarações desconexas que sequer poderiam ser entendidas ou classificadas como concepção alternativa.   |

**Tabela 2: Distribuição dos estudantes nas categorias e subcategorias.**

| <b>Categoria</b>     | <b>Subcategoria</b>   | <b>1º ano (N=22)</b> | <b>2º ano (N=22)</b> | <b>Total</b> |
|----------------------|---|----------------------|----------------------|--------------|
| Perfil aceitável     | Cozinha   | 5                    | 2                    | 7            |
|                      | Mecânico  | -                    | 1                    | 1            |
| Perfil Incoerente    | TQ como mudança de estado físico.                             | 7                    | 9                    | 16           |
|                      | Necessidade de duas ou mais substâncias para que haja uma TQ. | 2                    | 7                    | 9            |
|                      | Processos naturais não são TQ                                 | 4                    | 1                    | 5            |
|                      | TQ deve ocorrer naturalmente.                                 | 2                    | -                    | 2            |
|                      | Uma substância age sobre outra.                               | 1                    | 1                    | 2            |
| Declarações confusas |   | 2                    | 5                    | 7            |

Solsona e Izquierdo (1999) propuseram a existência de 4 perfis conceituais (ou modelos teóricos) para o conceito de transformações químicas presentes nos estudantes: incoerente, mecânico, cozinha e interativo. Entretanto, esta forma de compreender os modelos teóricos apresentados pelos estudantes pode se mostrar muito limitada, principalmente nos casos em que o conceito esteja se formando nos estudantes, onde ainda permanece uma série de idéias prévias ou alternativas. Estas idéias são inseridas dentro do perfil incoerente, já que no mecânico e no cozinha considera-se que o estudante tenha apenas uma visão incompleta sobre as transformações químicas, com o foco no microscópico e no macroscópico, respectivamente, e não necessariamente errada. Desta forma, em uma turma em que o conceito de transformação química esteja em formação, a maioria das declarações dos estudantes seria simplesmente classificadas como incoerentes, sem que se analisasse de que forma e em que grau se dá esta incoerência. Olhar para as concepções alternativas presentes nas declarações incoerentes dos estudantes possibilita ampliar a visão das causas da incompreensão deles e, por consequência, fornecer elementos necessários para que haja uma intervenção didática efetiva.

Apesar das críticas feitas ao modelo de ensino por mudança conceitual na década de 90, alguns pesquisadores têm assumido uma postura mais conciliadora em relação aos diferentes modelos de aprendizagem (Bastos *et al*, 2004). Na visão destes pesquisadores as críticas aos diferentes modelos de aprendizagem feitas nas últimas décadas têm sido muito radicais. Eles declaram:

Os processos e contextos que caracterizam o ensino de ciências são complexos e qualquer modelo interpretativo ou norteador da ação que *exclua outras alternativas plausíveis* é necessariamente empobrecedor da realidade. Infelizmente, porém, esse princípio tão simples nem sempre é observado pelos pesquisadores da área, e gasta-se um tempo enorme exaltando um dado modelo em detrimento de outro, como se fosse possível estabelecer explicações únicas que contemplassem todas as situações e para sempre; em consequência disso, impera a lógica da exclusão: o ensino por *mudança conceitual* vem para suplantare substituir o ensino por *descoberta*, o ensino por *pesquisa* vem para suplantare substituir o ensino por *mudança conceitual*, a noção de perfil conceitual vem para suplantare substituir a teoria de mudança conceitual (p. 16).

Eles propõem que haja um certo **pluralismo de interpretação** acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências. Para eles é evidente que as pessoas possam formar perfis conceituais (p. 36), que as pessoas possam sofrer mudanças conceituais em diferentes graus de profundidade (p. 38) e mesmo que a formação de perfis conceituais corresponda a uma etapa intermediária em um processo mais amplo de mudança conceitual (p. 38).

Assim, nos parece também cabível esta *simbiose* entre a teoria de mudança conceitual e a teoria dos perfis conceituais de modo que na análise dos dados possa-se ter uma visão mais ampla tanto dos diferentes perfis conceituais demonstrados pelos estudantes quanto de suas concepções alternativas.

Outro fator interessante a se analisar é que mesmo estudantes que apresentam declarações aceitáveis (perfis mecânico e cozinha) ou desejáveis (perfil interativo) podem apresentar concepções alternativas, como vemos nas declarações a baixo:

Transformações químicas é quando duas substâncias interagem e formam outra diferente.

Exemplo do que não é transformação química: derretimento do gelo, só há mudança de estado físico.

Exemplo de transformação química: queima da madeira: madeira + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + cinzas.

Transformação química é quando você junta 2 ou mais materiais e pode aparecer um novo material ou não, ou então pode ou não mudar de estado físico.

Ex.: chuva ácida derretendo o mármore (estátuas) que surgiu gesso.

Ex.: derreter um sorvete.

Ambas as declarações foram categorizadas como sendo perfis conceituais aceitáveis (cozinha) por enfatizarem a formação de novas substâncias nas transformações químicas. Entretanto, percebe-se ainda a presença da idéia de que para que haja uma transformação química é necessário que haja ao menos duas substâncias. É preciso dizer que todos os alunos já haviam estudado em diversos momentos fenômenos de decomposição (aquecimento de óxido de mercúrio e de calcário, decomposição de água oxigenada, etc) e mesmo assim é marcante esta concepção em suas declarações. A figura 2 mostra de que forma aparecem as categorias e subcategorias no conjunto dos 44 estudantes.

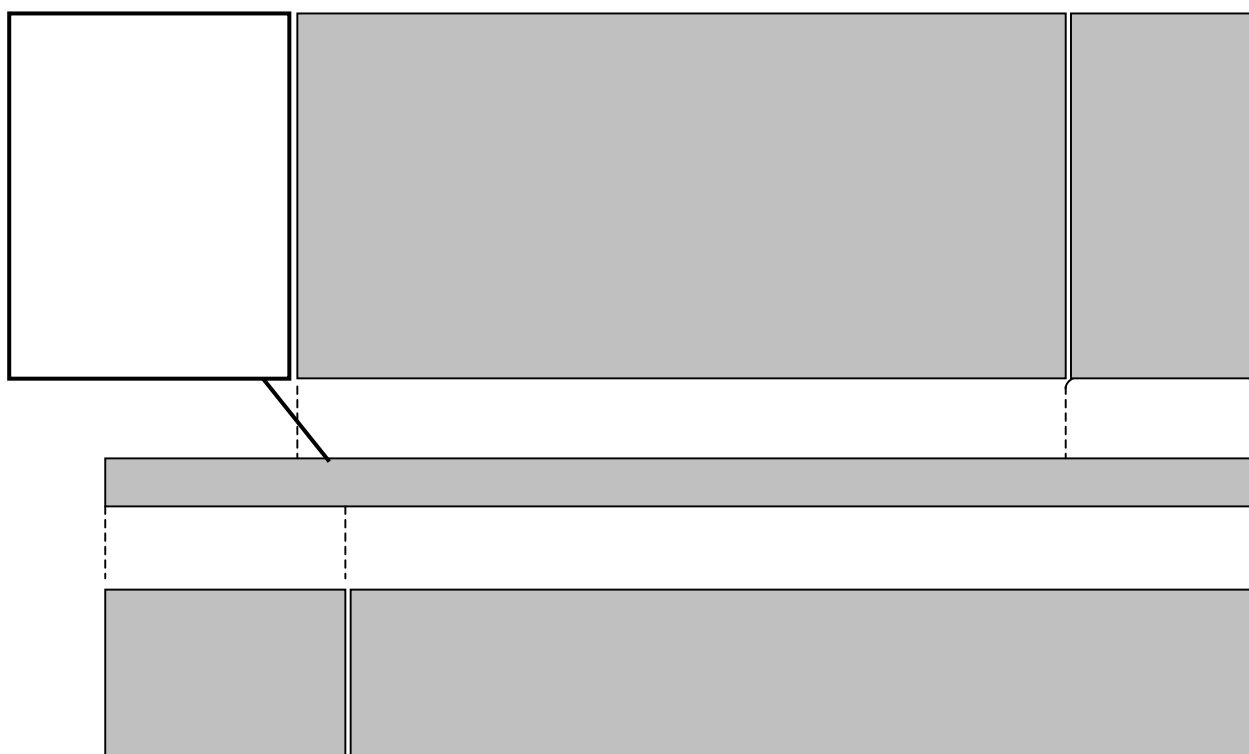


Figura 1: Distribuição dos 44 estudantes nas categorias e subcategorias da questão 1.

### Análise da Questão 2

Quando comparados os acertos dos estudantes na segunda questão, em que deveriam classificar os fenômenos como sendo ou não transformações químicas e justificar suas respostas, de acordo com o tipo de transformação ocorrida (transformações químicas, naturais e físicas), percebe-se que eles têm mais dificuldade em classificar corretamente os fenômenos (bioquímicos) e físicos (Tabela 3).

**Tabela 3: Acerto dos estudantes de acordo com o tipo de fenômenos<sup>1</sup>**

| Tipos de transformações             | Nº de alunos que classificaram corretamente |            |
|-------------------------------------|---|------------|
|                                     | 1 Ano (22)                                  | 2 Ano (22) |
| “Transformações químicas” (a,d, f)  | 19  | 20         |
| “Transformações naturais” (b, e, h) | 4   | 8          |
| “Transformações físicas” (c, g, i)  | 9   | 7          |

Em outras palavras, os estudantes reconhecem facilmente a ocorrência de transformações químicas em fenômenos como *enferrujamento, corrosão do mármore por ácido e queima de carvão*, mas têm dificuldades de reconhecer que a ocorrência de transformações químicas em fenômenos como *amadurecimento de uma fruta, fotossíntese e digestão de alimentos*.

O fato de alguns estudantes considerarem as transformações físicas (*derretimento de um sorvete, evaporação do álcool e liberação do gás de um refrigerante*) como sendo transformações químicas já tem sido observado em diversos trabalhos de pesquisa. Andersson (1986), como discutido anteriormente, inclui este tipo de explicações dos estudantes na categoria *modificação*, isto significa que muitos estudantes consideram que tenha havido uma transformação química pelo simples fato de haver uma modificação na aparência de um material.

Ao analisar as justificativas da segunda questão pode-se perceber que muitos estudantes embora não tenham manifestado a concepção alternativa de que processos naturais não sejam transformações químicas, eles o fizeram na questão 2. Dentre os 44 estudantes que participaram da pesquisa, 12 deles (4 alunos do 1º ano e 8 do 2º ano) manifestam a idéia de que processos naturais são transformações químicas.

Comparando-se as respostas dadas aos processos naturais pode-se verificar uma diferença nítida entre a facilidade dos estudantes em classificar cada fenômeno. Eles apresentaram maior dificuldades em classificar o fenômeno (b) *amadurecimento de uma fruta* como sendo uma transformação química (Tabela 4).

**Tabela 4: Diferenças de acertos entre as questões bioquímicas**

| Questões específicas (b,e e h) |                                 | Nº de alunos que classificaram corretamente |            |
|--------------------------------|---------------------------------|---|------------|
|                                |                                 | 1 Ano (22)                                  | 2 Ano (22) |
| “Transformações naturais”      | (b) amadurecimento de uma fruta | 4   | 4          |
|                                | (e) fotossíntese                | 8   | 9          |
|                                | (h) digestão de alimentos       | 9   | 8          |

Analisando as justificativas dadas aos processos naturais pode-se perceber a presença de concepções alternativas observadas na Questão 1.

Grande parte dos estudantes que classificaram erroneamente os processos naturais justificou suas respostas dizendo que estes eram “*um processo natural da planta*” ou por que “*acontece sozinha, sem a ajuda do homem*”. Este tipo de explicação sugere que a presença da concepção de que fenômenos naturais não são transformações químicas é muito maior do que o que pode ser observado na análise da Questão 1.

<sup>1</sup> Obs: Considerou-se que o estudante acertou um tipo de transformação quando ele fornecia duas ou três respostas corretas para o conjunto de três fenômenos dados para esse tipo de transformação.

Para a questão (b) *amadurecimento de um fruto* os alunos apresentaram um baixo número de acertos talvez devido ao fato de que eles não acreditam existir interação entre diferentes substâncias no interior de uma fruta. Isto pode estar relacionado com a concepção alternativa de que é necessário a existências de duas ou mais substâncias para que ocorra uma transformação química. Esta hipótese se apóia em expressões presentes nas declarações dos estudantes, tais como “*Acontece sozinho*”, “*Acontece com o tempo*” ou “*É um processo natural*”. Alguns estudantes que erraram o item (b) acertaram o item (e) *fotossíntese* e (h) *digestão* por compreenderem a interação entre diferentes materiais, como pode ser visto nas declarações:

Porque o estômago libera ácidos e surge um novo material.

Há contato do CO<sub>2</sub> com o O<sub>2</sub> e há transformação química.

Porque a planta transforma o CO<sub>2</sub> em O<sub>2</sub>.

A presença de diferentes materiais interagindo parece ser condição indispensável para que ocorra uma transformação química.

Deve-se perceber que embora alguns estudantes classifiquem corretamente os fenômenos eles podem justificá-los utilizando idéias erradas, por isso a necessidade de um instrumento de coleta de dados que dê aos estudantes a possibilidade de expressar suas idéias mediante uma questão aberta.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise da Questão 2 foi reveladora ao possibilitar conhecer o que os estudantes pensam sobre os processos naturais. Uma série de concepções alternativas se revelou frente aos questionamentos levantados. Concepções que pareciam insignificantes na análise da Questão 1 se mostraram muito marcantes nas declarações dos estudantes, ampliando assim a visão sobre suas diferentes formas de pensar o tema transformações químicas.

Longe de mostrar a invalidade da Questão 1, uma questão aberta, enquanto instrumento de investigação, o fato de poder-se perceber um outro espectro das concepções alternativas dos estudantes através da Questão 2 mostra a necessidade de se diversificar os instrumentos de investigação de modo que se possa ter tanto visões mais amplas de seu objeto de estudo, neste caso as idéias dos estudantes sobre as transformações químicas, quanto ter visões mais detalhadas de um ponto de interesse, neste caso o que os estudantes pensam sobre os processos naturais.

O fato de muitos estudantes justificarem a classificação dos processos naturais como não sendo químicas, além de estar ligado às concepções alternativas “*Necessidade de duas ou mais substâncias para que haja uma TQ*” e “*Uma substância age sobre outra*” também parece revelar uma visão da Química um pouco distorcida. Dizer que um fenômeno não é uma transformação química simplesmente pelo fato de ele ocorrer em um organismo vivo parece transparecer uma visão da química como algo nocivo, danoso, ou, na melhor das hipóteses, artificial.

## CONCLUSÃO

Esta investigação possibilitou verificar a diversidade de concepções dos estudantes investigados sobre as transformações químicas. A maioria dessas concepções foi considerada incoerente com o conhecimento químico aceitável no Ensino Médio. Apenas uma pequena

parcela dos estudantes (cerca de 1/5) tinha um entendimento satisfatório sobre as transformações químicas, enquanto o restante ou apresentou idéias alternativas (cerca de 3/5) ou deu declarações confusas de mais para serem classificadas (cerca de 1/5).

Apesar dos diversos trabalhos de pesquisa realizados nas duas últimas décadas sobre as concepções alternativas dos estudantes com relação às transformações químicas algumas idéias parecem ainda pouco exploradas. Pouco se fala sobre as transformações químicas que ocorrem na natureza, tanto em pesquisas na área de ensino de química quanto no próprio ensino de química ao nível Médio. Isto talvez seja um fator que alimente a impressão dos estudantes de que processos químicos são necessariamente artificiais e que não ocorram transformações químicas em organismos vivos.

Conhecer estas diferentes formas de pensar as transformações químicas, como foi feito na etapa do estudo preliminar desta investigação e na Questão 1, possibilitou desenvolver melhores instrumentos de pesquisa (Questão 2), o que forneceu muitas informações sobre as idéias dos estudantes com relação ao o que eles pensam sobre fenômenos comuns como amadurecimento de uma fruta, fotossíntese ou digestão. Da mesma forma, no ensino da disciplina química, é igualmente necessário se conhecer o que os estudantes pensam sobre um determinado conceito a ser ensinado. Isto possibilita tanto desenvolver melhores estratégias de ensino, quanto formas de avaliação mais precisas.

## REFERÊNCIAS

Anderson, B. Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, v. 70, n. 5, p. 549-563, 1986.

Anderson, B. Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, n. 8, p. 53-85, 1990.

Barker, V., Robin, M. Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course?. *International Journal of Science Education*, 1999, vol. 21, nº 6, 645-665.

Bastos, F., *et al.* Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciência: re-visitando os debates sobre Construtivismo. In: Nardi, R., Bastos, F., Diniz, R. E. da S.(Orgs). *Pesquisa em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores*. São Paulo: Escrituras, 2004. p. 9-55.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

Carbonell, F., Furio, C. Opiniones de los adolescentes respecto al cambio sustancial de las reacciones químicas. *International Journal of Science Education*, v.5, n. 1, p. 3-10, 1987.

Cavallo, A. M. L., McNeely, J. C. e Marek, E. Eliciting students' understanding of chemical reactions using two forms of essay questions during a learning cycle. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 5, p. 583-603, 2003.

Galogovsky, L. R. *et al.* Representaciones mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales: Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 21, v. 1, p. 107 – 121, 2003.

Johnstone, A. Macro and microchemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

Lastres, L., Landau, L. Cambios químicos y conservación de la masa... ¿está todo claro? *International Journal of Science Education*; v. 14, n. 2, p. 171-174, 1996.

Moreira, M. A. Modelos Mentais. *Investigação em Ensino de Ciências*. n. 3, p.1-39, 1997.

Mortimer, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigação em Ensino de Ciências*. v.1, n.1, abril de 1996.

Posner, J. *et al.*, Accomodation of a scientific conception: toward a teory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, p 211-227, 1982.

Solsona, N., Izquierdo, M. El aprendizaje del concepto de cambio químico en el alumnado de secundaria. *Investigación en la Escuela*, n. 38, p. 65-75, 1999.

Solsona, N., Izquierdo, M., Jong, O. Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 1, p. 3-12, 2003.