

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE CALOUROS DE QUÍMICA PARA OS ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA, A SOLUBILIDADE E A EXPANSÃO TÉRMICA DO AR.

ALTERNATIVE CONCEPTIONS OF AGGREGATION STATES OF MATTER, SOLUBILITY AND THERMAL EXPANSION OF AIR HELD BY FRESHER STUDENTS.

**Shirley Martim da Silva¹,
Pedro Luís Fregapani Marques¹, Marcelo Leandro Eichler^{1,2},
Tânia Denise Miskinis Salgado¹ e José Claudio Del Pino¹.**

¹UFRGS - Área de Educação Química (aeq@iq.ufrgs.br)

²UERGS (exlerbr@yahoo.com.br)

RESUMO

Diversas pesquisas têm mostrado a persistência das explicações alternativas oferecidas por estudantes de ensino médio para as transformações físicas e químicas da matéria. Nesse sentido, é provável que se encontre esse tipo de explicações em estudantes de início dos cursos de graduação. Nesta pesquisa, procurou-se investigar as concepções alternativas ao conhecimento científico que estudantes de Química Geral, disciplina de primeiro semestre dos cursos de química, oferecem a problemas de lápis e papel sobre os estados de agregação da matéria, a solubilidade de sal de cozinha e açúcar de mesa e a expansão térmica do ar. Entre esses assuntos, aquele que apresentou maior número e diversidade de concepções alternativas foi a expansão térmica do ar.

Palavras-chave: concepções alternativas; ensino superior; ensino de química.

ABSTRACT

Several research studies have shown the persistence of alternative explanations given by secondary students to physical and chemical changes of matter. Therefore, such alternative explanations are likely to be found among fresher students. In this sense, this research investigates conceptions that are alternative to scientific knowledge. Conceptions held by first-term students attending General Chemistry course were investigated through the answers given to paper-and-pencil problems about aggregation states of matter, solubility of table salt and sugar, and thermal expansion of air. Among those subjects, thermal expansion of air presented a larger number and diversity of alternative conceptions.

Keywords: alternative conceptions, higher-education teaching, chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

A investigação sobre as concepções alternativas dos estudantes para os conhecimentos científicos é uma das principais ênfases das pesquisas realizadas no âmbito da didática das ciências. Em relação aos conceitos da química, diversos autores têm abordado esse assunto nos últimos anos, entre eles Barker (2000), Fensham (2002) e Taber (2000 e 2001).

Conforme Fensham (2002), os estudantes não iniciam a estudar ciências com mentes vazias. Eles possuem idéias ou concepções anteriores sobre vários fenômenos científicos e sobre conceitos de química introdutória, em particular. Muitas dessas idéias persistem firmemente, tornando-se uma forma diferente, ou alternativa, de entender os conceitos da química que são apresentados pelos livros didáticos e pelos professores.

De acordo com Taber (2001), a maioria das concepções alternativas em química não deriva da experiência cotidiana do mundo dos estudantes. Em química, ao contrário do que ocorre com biologia e física, por exemplo, os enquadramentos disponíveis para dar sentido a conceitos abstratos, como modelo atômico ou geometria molecular, derivam somente do entendimento que os estudantes façam de conceitos anteriormente ensinados. Algumas vezes, o estudante dará sentido aquilo que lhe é apresentado, mas em outras ocasiões os estudantes farão o seu próprio sentido, *alternativo*, construindo um significado que esteja adequado com suas idéias anteriores. Além disso, esse autor aponta, em outro lugar (Taber, 2000), que as idéias alternativas dos estudantes, muitas vezes, são tão engenhosas que sua invenção parece envolver muito mais esforço que aquilo que é simplesmente aprendido a partir das idéias dadas em classe.

O efeito dos conceitos ensinados e a persistência das concepções alternativas é uma das evidências de uma pesquisa realizada em Israel (Nahum, Hofstein, Mamlo-Naaman e Bar-Dov, 2004). O objeto de estudos dessa pesquisa foram os *exames de matrícula (Matriculation Examination, no original, equivalente ao nosso vestibular)* realizados por alunos de ensino médio. Os exames possuem questões dissertativas e foram analisados os exames realizados em um período de 12 anos. Nessa pesquisa, os autores destacam em suas conclusões que: (a) os estudantes tendem a supergeneralizar e usar declarações e legendas ao invés de propor explicações científicas; (b) os estudantes muitas vezes sabem como definir os conceitos, mas não entendem seus significados ou relevância.

É interessante verificar, como indica Taber (2000), que as concepções alternativas têm sido descritas nas diferentes áreas científicas e vêm sendo evidenciada em estudantes de diversos níveis de ensino, da escola primária até a graduação. Nesse sentido, esse autor, sugere que quando um professor de ciências inicia um tópico de seu conteúdo programático, ele deve levar em conta que os estudantes possuem idéias que são inconsistentes com o material que ele está apresentando. O professor, dessa forma, deveria levar em conta as possíveis concepções alternativas manifestas por seus alunos para elaborar suas estratégias de ensino, visando a uma melhor compreensão conceitual. Mas essa recomendação não se restringe aos professores do ensino médio. Esse autor vai além e assevera que: “os professores universitários necessitam perceber a dimensão dessas concepções alternativas e as barreiras que elas criam para uma aprendizagem significativa. Isso porque, não importa o quanto habilmente a química universitária seja explicada, muitos estudantes irão construir seu novo conhecimento sob frágeis fundações (*shaky foundations, no original*)”.

Uma ampla revisão de pesquisas que indicam as concepções alternativas de sujeitos (crianças, adolescentes e adultos) para as principais noções relacionadas à química pode ser encontrada em Barker (2000). A seguir, abordamos alguns resultados de pesquisa sobre as concepções alternativas para os conceitos em tela neste artigo: os estados de agregação da matéria, a solubilidade e a expansão térmica do ar.

Em relação aos estados de agregação da matéria, as concepções alternativas dos estudantes evidenciam dificuldades na compreensão de pelo menos uma das quatro seguintes

afirmações básicas sobre a natureza particulada da matéria: a) toda a matéria é feita de partículas separadas; b) as partículas estão em constante movimento randômico; c) o espaço entre as partículas é vazio; d) há “ligações” ou forças entre as partículas.

Em um estudo desenvolvido por Griffiths e Preston (1992), com dos adolescentes em torno de 18 anos de idade, constatou-se, por exemplo, que 50 % dos estudantes entrevistados acreditavam que as moléculas de água do vapor são maiores do que as moléculas de água do gelo.

As evidências indicam que o movimento randômico das partículas em líquidos e gases é difícil de compreender. Por exemplo, Westbrook e Marek (1991) realizaram um estudo envolvendo 100 alunos de graduação, sendo que nenhum deles atribuiu difusão do corante ao movimento randômico de partículas. Novick e Nussbaum (1981) entrevistaram alunos maiores de 16 anos de idade sobre a natureza particulada de substâncias gasosas e evidenciaram que a maioria pareceu aceitar que as partículas de um gás estão uniformemente distribuídas em um recipiente. No entanto, quando perguntados “por que as partículas não se acumulam no fundo do recipiente?”, somente metade deles achava que as partículas estavam em movimento constante.

Em outra pesquisa, Novick e Nussbaum (1978) evidenciaram que alunos de todas as idades acham difícil de imaginar espaço entre as partículas, e intuitivamente “preenchem” esse espaço com alguma coisa, como “um poluente”, “vapor” ou “oxigênio”, por exemplo.

No contexto da solubilidade, Ebenezer e Erickson (1996) empreenderam uma pesquisa sobre as intuições atomísticas de estudantes do secundário, na qual foram utilizados três sistemas químicos diferentes: a) açúcar e água; b) água, álcool e solvente de tintas; c) sal e água (em solução saturada). Conforme indicam, além de entrevistas, esses autores utilizaram desenhos dos estudantes para apoiar suas explicações. Entre seus resultados, demonstram a tendência dos estudantes em estender seu entendimento das propriedades dos materiais do nível macroscópico para o nível submicroscópico. Por exemplo, alguns alunos supõem que quando o açúcar é dissolvido em água, ele seria liquefeito. Os autores ponderam que a interação e, também, a distinção entre as propriedades macroscópicas e submicroscópicas é uma característica importante da química e crucial para o êxito no entendimento dos conceitos da química. Ou seja, as transformações por que passam os materiais não são as mesmas que ocorrem com as partículas, não existe isomorfismo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Valanides (2000), em sua pesquisa com adultos, estudantes de cursos de formação de professores para a escola primária. As entrevistas com esses professores evidenciaram as suas dificuldades em interpretar as mudanças macroscópicas observáveis a partir de compreensões corpusculares, submicroscópicas. Observou-se, por parte dos sujeitos, um entendimento mais perceptual que conceitual. Eles tenderam a descrever que as moléculas sofrem as mesmas mudanças visíveis das substâncias, assim acreditavam, por exemplo, que elas expandem, contraem e fundem.

Finalmente, em relação à expansão térmica do ar, a tese de doutorado Benloch (1993) aponta diversas concepções alternativas manifestas pelos estudantes. A tese teve por objetivo conhecer as teorias de crianças e de adolescentes acerca da expansão do ar devido a uma mudança de temperatura, além de examinar a persistência e as mudanças que sofrem as crenças dos sujeitos acerca dos conceitos de ar e de calor. A tarefa utilizada nas entrevistas consistia em levar um erlenmeyer contendo apenas ar, com um balão em seu bocal, ao aquecimento com chama. Dessa forma, como a transparência do ar impede que se enxergue no erlenmeyer ou no balão, o enchimento desse pode dar lugar a diferentes idéias acerca da localização do ar. Assim, perguntou-se aos sujeitos sobre a previsão, descrição e explicação do fenômeno por eles observado. Também se solicitou que eles desenhassem uma representação do fenômeno e, após, indicou-se desenhos com diferentes alternativas de representação para que o sujeito escolhesse o que julgasse mais adequado.

As teorias que os sujeitos expressaram para o enchimento do balão foram:

a) Inicialmente o recipiente de vidro se encontra vazio. Com o aquecimento, ocorre entrada de matéria no vidro que acaba por encher o balão. A matéria que vem de fora e atravessa o vidro pode tanto ser vista como ar quanto como calor, o que indicaria uma compreensão substancialista.

b) O recipiente tanto pode ter ar como estar vazio, ao início. Com o aquecimento do vidro, ocorre a criação ou produção de matéria (ar ou oxigênio, por exemplo) dentro do vidro, que, posteriormente, desloca-se para o balão por efeito do calor, podendo esse ser interpretado de forma substancialista ou não.

c) Ao início, existe ar dentro do vidro. Com o aquecimento, não se altera o volume do ar, mas sim ocorre seu deslocamento, de forma compacta, do erlenmeyer para o balão. A parte de baixo do vidro, próximo à chama, fica vazia, como um vácuo. O ar se desloca porque é empurrado pelo calor, podendo ou não ele ser concebido de forma substancialista.

d) Existe ar dentro do vidro e o ar é composto por partículas. Quando aquecido, as partículas que fazem parte do ar crescem ou são dilatadas, ocorrendo o aumento do volume do ar e, por isso, o balão se enche.

e) Existe ar dentro do vidro e o ar é composto por partículas. Quando aquecido o ar, as partículas que o formam se agitam e se distanciam umas das outras, provocando um aumento do volume de ar e o enchimento do balão.

Os resultados obtidos com essas teorias, quando relacionadas às idades de seus enunciadores, na análise quantitativa, indicam que ocorre uma mudança teórica com o incremento da idade, tendendo em idades mais avançadas serem apresentadas noções mais desenvolvidas, do ponto de vista lógico e físico.

As evidências dessas pesquisas sobre as concepções alternativas para os estados de agregação da matéria, a solubilidade e a expansão térmica do ar servem de suporte para a análise dos dados que são apresentados neste artigo.

METODOLOGIA

O presente trabalho faz parte de um projeto de acompanhamento da implementação da reforma curricular do curso de Licenciatura em Química da UFRGS. Na primeira etapa da avaliação dessa implementação, os professores de Química Geral foram convidados para discutir o grande índice de evasão e de repetência apresentados por essa disciplina. A partir do diálogo entre esses professores e os pesquisadores em educação química (os últimos três autores deste artigo), decidiu-se inventariar as concepções alternativas expressas pelos estudantes em início de curso para os conhecimentos disciplinares de Química Geral.

Dessa forma, os 130 estudantes matriculados na disciplina de Química Geral no semestre 2005/1 foram convidados a responder a 4 questionários, na forma de pré-testes, cada um contendo entre 4 e 5 perguntas. Os questionários foram aplicados ao início de cada uma das 4 unidades prevista para o desenvolvimento da disciplina. O tempo previsto para se responder a estes questionários foi entre 15 minutos e 20 minutos.

Neste artigo, apresenta-se alguns resultados para o questionário da primeira unidade, que envolve os seguintes conteúdos curriculares: Estequiometria, Soluções, Estado Gasoso e Cinética Química. O questionário para essa unidade continha 5 perguntas, cujas 3 de maior variabilidade de respostas são analisadas neste artigo. As questões analisadas foram:

1) Partindo das seguintes representações para as substâncias:

ÁGUA



AÇÚCAR



CLORETO DE SÓDIO



a) Desenhe, abaixo, como se encontram as espécies nas seguintes soluções:

Açúcar em água:

Cloreto de sódio em água:

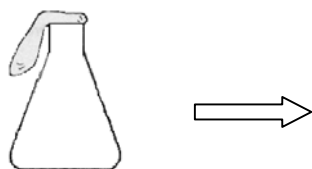
b) Em ambos os casos, o que existe entre as espécies?

2) a) Usando o símbolo “○” para a molécula de água, represente a água pura nos estados sólido, líquido e gasoso:

b) Há movimento das moléculas de água nesses três estados? Há diferença entre eles em relação a isso?

3) Um erlenmeyer com um balão em seu bocal é levado ao aquecimento.

a) Complete o desenho abaixo, propondo uma representação para o que ocorre durante o aquecimento.



b) Explique o fenômeno que você representou.

RESULTADOS E COMENTÁRIOS:

A seguir os resultados dos questionários são apresentados e analisados. Os questionários foram submetidos aos alunos no primeiro dia letivo do semestre. Entre os 130 alunos que responderam ao questionário, em três diferentes turmas, existem 40 alunos (30,77 %) que cursavam a disciplina pela segunda vez.

Solubilidade de sal de cozinha e de açúcar de mesa em água.

A questão solicitava uma representação para duas soluções envolvendo água como solvente e sal de cozinha e açúcar de mesa como solutos. Com essa questão se procura evidenciar se os alunos diferenciam os processos de dissolução de compostos moleculares e de dissociação de agregados iônicos.

Um segundo item dessa questão solicitava que os alunos indicassem o que existiria entre as espécies químicas. Nesse item, havia a intenção que os estudantes comentassem o que existiria no espaço intersticial das espécies químicas, ou seja, se os estudantes manifestavam a noção de vazio. Entretanto, como se pode depreender das respostas dadas pelos alunos, a pergunta não foi interpretada conforme expectativa dos investigadores e nenhuma resposta apontou o que era esperado.

A representação solicitada nessa questão não foi realizada por 10 alunos (7,7 % do total de alunos que preencheram o questionário). As representações realizadas foram agrupadas da seguinte forma: a) unidades, onde 42 alunos (32,3 %) desenharam apenas uma unidade das espécies químicas envolvidas no fenômeno da dissolução; e b) coleção, onde 78 alunos (60 %)

desenharam um conjunto de moléculas para descrever o fenômeno. As figuras 1 e 2 apresentam exemplos para as categorias utilizadas na análise.

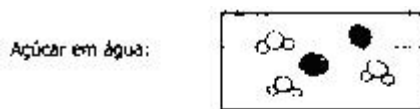
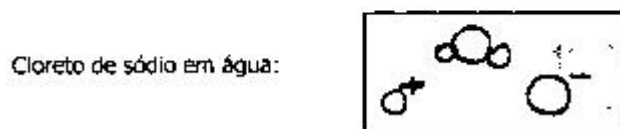


Figura 1 – Representação classificada como unidade.

Figura 2 – Representação classificada como coleção.

Nesse sentido, é interessante verificar que cerca de um terço dos estudantes oferece uma representação discreta para o fenômeno da dissolução. Uma vez que a proporção de moléculas de solvente é maior que a de partículas do soluto seria mais adequado representar o fenômeno a partir da coleção de partículas. O fenômeno da solubilidade é explicado, pelos professores e pelos autores de livros didáticos, através da solvatação, que em sua definição e representação envolve um conjunto de moléculas solventes para as partículas do soluto. Dessa forma, quando o estudante utiliza uma representação por unidades pode-se depreender que a solvatação é um conceito que não está suficientemente diferenciado pelo aluno.

As justificativas oferecidas pelos estudantes para a solubilidade foram muito diversas e, em muitas delas, pôde-se observar um alto grau de indiferenciação dos conceitos envolvidos na explicação do fenômeno. Os resultados das justificativas foram: 21 alunos (16,15 %) não responderam à questão, 20 alunos (15,38 %) responderam de maneira inadequada (apelando à noções de reação química ou de dissociação para explicar a dissolução do açúcar em água, ou mesmo, negando que os sólidos seriam solubilizados pela água), 27 alunos (20,77 %) se reportaram a noções relacionadas às ligações químicas (tal como a polaridade) e 62 alunos (47,7 %) responderam de forma adequada, apelando à idéias como dissolução, diluição, solvatação, forças intermoleculares e misturas homogêneas.

Entre as respostas inadequadas destacam-se:

- “O açúcar não se dissolveu na água, apenas se depositou formando um sistema heterogêneo” [Na qual o aluno não prevê a solubilização do sólido no solvente, fato nitidamente corriqueiro. Talvez isso se deva ao fato de o aluno supor que apenas tal ocorreria com a inclusão de agitação, o que envolveria uma dificuldade na compreensão do enunciado da questão].
- “O açúcar por ser um composto molecular é dissolvido em água sem sofrer ionização, o cloreto de sódio por ser um composto iônico se dissolve sofrendo ionização” [Na qual o aluno não faz a necessária diferenciação entre os processos de dissolução e de dissociação].
- “Dissolução das espécies, o açúcar e o NaCl são dissolvidos pela água → sistemas homogêneos” [Na qual o aluno não faz a necessária diferenciação entre os processos de dissolução e de dissociação].
- “Existe uma mistura homogênea em ambos os casos, onde no caso 1, o açúcar dissocia seus íons na água, e no caso 2, o cloreto de sódio dissocia seus íons Na^+ , Cl^- ” [Na qual o aluno generaliza o processo de dissociação para a solubilidade dos sólidos, dessa forma prevendo a presença de íons em substâncias de caráter eminentemente molecular, como o açúcar].

- e) “O açúcar e o sal fizeram a dissociação da água em íons H^+ e OH^- ” [Na qual a dissociação tem como fator causal o soluto, e não a relação entre soluto e solvente. Além do mais, a solubilidade de agregados iônicos envolve a solvatação dos íons por moléculas de água e não a dissociação da água em seus íons].
- f) “Como polar dissolve apolar, e vice-versa, o açúcar e água são ambos apolares, vão se dissolvendo; O NaCl e a água são polar e apolar respectivamente, se dissolvendo” [Na qual o aluno agrega conceitos a sua explicação de forma equivocada, enunciando erroneamente a regra da dissolução e supondo incorretamente a polaridade das moléculas de água].

Representações moleculares para os estados físicos da matéria.

A questão solicitava uma representação para os três estados físicos da matéria. Com essa questão se procura evidenciar como os alunos diferenciam o estado organizado (sólido) dos estados desorganizados (líquido e gasoso) da matéria. A partir dessa representação é possível, também, inferir se o estudante atribui alguma diferença de forma ou de volume nas partículas que compõem os diferentes estados físicos. Nas tabelas 1 e 2 constam as descrições dos resultados para as representações de cada estado físico.

Um segundo item dessa questão solicitava que os alunos indicassem se existiria movimento entre as partículas que compõem os diferentes estados e se ocorreriam diferenças de intensidade desse movimento. A partir das repostas seria possível, por exemplo, avaliar as concepções alternativas dos estudantes para a rigidez dos sólidos e/ou a fluidez de líquidos e gases.

Tabela 1: Análise das representações dos estudantes quanto à molécula de água pura nos três estados físicos.

| Representações | Cursando a disciplina | Sólido | | Líquido | | Gasoso | |
|----------------|-----------------------|--------|------|---------|------|--------|------|
| | | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| Adequadas | 1ª vez | 81 | 62,3 | 62 | 48 | 69 | 53 |
| | 2ª vez | 35 | 26,9 | 26 | 20 | 23 | 17,6 |
| Inadequadas | 1ª vez | 9 | 6,9 | 28 | 21,4 | 22 | 16,6 |
| | 2ª vez | 5 | 3,8 | 14 | 10,7 | 17 | 13 |

Tabela 2: Análise das inadequações frequentes para os estados físicos.

| Estado (Número de ocorrências das inadequações) | Parâmetros para a análise | Nº | % |
|---|---|----|------|
| Sólido (14) | Representação parcial das moléculas | 6 | 42,8 |
| | Distanciamento e desordem das moléculas | 7 | 50 |
| | Não representou | 1 | 7,2 |
| Líquido (42) | Representação parcial das moléculas | 6 | 14,3 |
| | Ordenamento das moléculas | 33 | 78,5 |
| | Agrupamento entre as moléculas | 3 | 7,2 |
| Gasoso | Representação parcial das moléculas | 6 | 15,4 |

| | | | |
|------|------------------------------------|----|-----|
| (39) | Ordenamento das moléculas | 27 | 70 |
| | Agrupamento entre as moléculas | 3 | 7,6 |
| | Diminuição do volume das moléculas | 3 | 7,6 |

As representações feitas pelos alunos podem ser analisadas em separado. Tomadas em separado, percebe-se a dificuldade dos estudantes em representar adequadamente os estados desorganizados da matéria. Justamente, a principal inadequação apresentada pelos alunos foi fazer representações organizadas para os estados líquido e gasoso, orientando a disposição espacial das partículas que compõem esse estado em fileiras, por exemplo, como se pode ver na terceira ilustração da Figura 3. Outra inadequação representada pelos alunos foi supor que as partículas do estado gasoso tivessem seu volume modificado. Conforme os dados da Tabela 2, é interessante verificar a significativa parcela de estudantes repetentes que manifestaram inadequações conceituais em suas representações para os estados desorganizados da matéria.

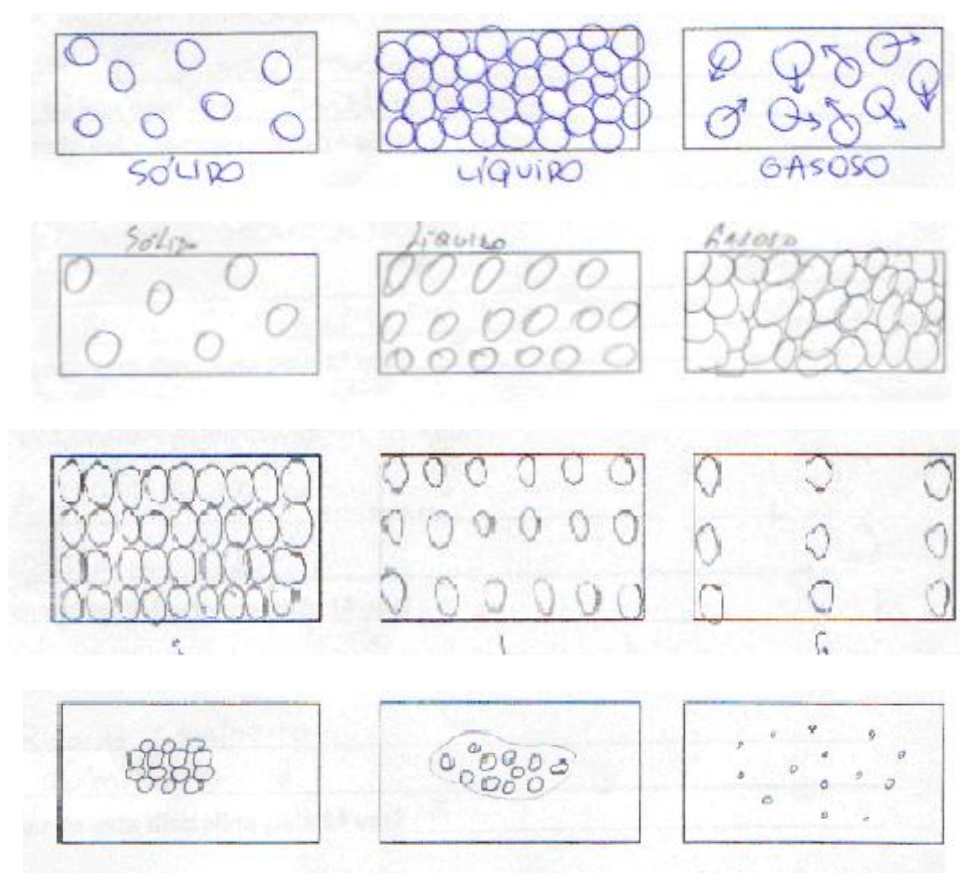


Figura 3 – Exemplos de conjunto de representações inadequadas.

Entretanto, quando se toma em conjunto as três representações, 116 alunos (89,3 %) realizaram representações corretas, enquanto que 14 alunos (10,7 %) demonstraram em seus desenhos algum tipo de inadequação conceitual, como se pode depreender pelos desenhos apresentados na Figura 3. Dentre os alunos que representaram inadequações, 3 (2,3 %) são repetentes.

O segundo item dessa questão foi respondido inadequadamente por 22 alunos (18,33 %). Entre as inadequações que são representativas do tipo de problema encontrado com as concepções expressas pelos alunos, destacam-se as seguintes:

- a) “Não, no sólido não há movimento. E no gasoso o movimento é mais intenso que no líquido” [No qual o aluno o aluno supõe que as partículas do sólido não possuem movimento, talvez com isso justificando a rigidez dos materiais sólidos].
- b) “Há movimento das moléculas apenas no estado líquido e gasoso. A rigidez da disposição das moléculas no estado sólido confere volume e forma definidas a esse estado” [No qual o aluno declara o que fora suposto para o exemplo anterior].
- c) “Há movimento apenas no 2º(L) e 3º(G) estado, pois no 1º(S) as moléculas estão muito unidas, quase inseparáveis devido às ligações intermoleculares (pontes de Hidrogênio)” [No qual o aluno procura agregar conceitos na busca da justificativa da rigidez apresentada pelos sólidos].

Justificativas para a expansão térmica do ar.

A questão solicitava a previsão de um fenômeno envolvendo a expansão térmica do ar. Além disso, solicitou-se que o estudante acompanhasse sua previsão de uma representação. Havia a intenção que o estudante propusesse uma representação atômico-molecular para a expansão térmica do ar. Esse tipo de representação não foi realizado pelos alunos, talvez devido ao enunciado da questão não ter solicitado isso de forma expressa. Um segundo item dessa questão solicitava que os alunos justificassem a suas previsões. A partir das repostas seria possível, por exemplo, avaliar as concepções alternativas dos estudantes envolvidas na compreensão do fenômeno.

Essa questão não foi respondida por 18 alunos (13,8 %). A partir das respostas dos 112 alunos (86,2 %) à questão foi realizada uma classificação em relação às teorias implícitas (ou espontâneas) manifestas pelos sujeitos. Na Tabela 3 constam a descrição, frequência e porcentagem das diferentes teorias encontradas. A enunciação dessas teorias implícitas seguiu os resultados obtidos na pesquisa de Benloch (1993), conforme indicado na Introdução. Entretanto, como o método de pesquisa foi diferente, nesta pesquisa foi utilizado lápis e papel e naquela entrevistas, foi necessário acrescentar algumas outras teorias que não haviam sido evidenciadas por Benloch. Além disso, talvez pela escolaridade dos sujeitos desta pesquisa, sentiu-se a necessidade de incluir outra teoria que tivesse relação com o conceito de pressão.

As respostas consideradas corretas são aquelas que foram classificadas como teorias D e H. Ou seja, cerca da metade dos estudantes respondeu corretamente a questão. A diferença entre as respostas classificadas como teoria H daquelas da teoria D é que essas são mais simples do que aquelas. As respostas enquadradas na teoria D parecem apenas se valer dos rótulos, ou máximas, que muitas vezes são utilizados para descrever e explicar os fenômenos.

Tabela 3 – Teorias expressas pelos sujeitos para justificar o enchimento do balão.

| Teoria | Descrição | Frequência | % |
|--------|--|------------|------|
| A | Não há modificação, o balão de borracha não será inflado. | 2 | 1,79 |
| B | O recipiente tanto pode ter ar como estar vazio, ao início. Com o aquecimento do vidro, ocorre a criação ou produção de matéria (ar ou oxigênio, por exemplo) dentro do vidro, que posteriormente, desloca-se para o balão por efeito do calor, podendo esse ser interpretado de forma substancialista ou não. | 9 | 8,04 |

| | | | |
|----------|---|----|-------|
| C | Existe dentro de erlenmeyer alguma substância não percebida, como um líquido ou vapor d'água. Quando o erlenmeyer é aquecido, esse líquido evapora e ocupa o espaço do balão, que é inflado. | 12 | 10,71 |
| D | Existe ar dentro do erlenmeyer. Esse quando aquecido, por condução, provoca o aquecimento do ar, que se expande. A expansão do ar não é explicada, apenas é declarada. Dessa forma não é possível inferir os modelos explicativos utilizados pelos sujeitos. | 15 | 13,39 |
| E | Ao início, existe ar dentro do vidro. Com aquecimento, não se altera o volume do ar, mas sim ocorre seu deslocamento, de forma compacta, do erlenmeyer para o balão. Pode-se, inclusive, interpretar que a parte de baixo do vidro, próximo à chama, fica vazia, como um vácuo. O ar se desloca porque é empurrado pelo calor, podendo ou não ele ser concebido de forma substancialista. | 23 | 20,54 |
| F | Existe ar ou um gás dentro do erlenmeyer. Quando ele é aquecido, ocorre um aumento de pressão que faz com que o ar (ou o gás) seja deslocado para cima, em direção ao balão que, portanto, será inflado. | 8 | 7,14 |
| G | Existe ar dentro do vidro e o ar é composto por partículas. Quando aquecido, as partículas que fazem parte do ar crescem ou são dilatadas, ocorrendo o aumento do volume do ar e, por isso, o balão se enche. | 7 | 6,25 |
| H | Existe ar dentro do vidro e o ar é composto por partículas. Quando aquecido o ar, as partículas que o formam se agitam e se distanciam uma das outras, provocando um aumento do volume de ar e o enchimento do balão. | 36 | 32,14 |

Entre as respostas inadequadas destaca-se:

- “Nada acontece, pois o aquecimento não influencia na inflagem do balão” [Uma resposta classificada na categoria A. Essa resposta é muito surpreendente, é possível que o sujeito suponha que não exista nada dentro do erlenmeyer, que haja vácuo no recipiente].
- “Devido ao aquecimento se formará gás dentro do erlenmeyer e o balão vai inflar” [Uma resposta classificada na categoria B. Essa concepção sugere uma idéia de auto-geração, muito comum de ser encontrada quando se abordam conceitos biológicos, como a produção de insetos associadas à putrefação. Nesse sentido, o fogo e o calor parecem ter um componente mágico, a partir do qual poderiam criar matéria].
- “O balão aumenta pois ao aquecer irá liberar calor” [Uma resposta classificada na categoria B. Uma vez que o balão foi inflado, percebe-se que o sujeito expressa uma compreensão substancialista para o calor, uma vez que ele ocupa espaço e provoca o aumento do volume do sistema].
- “O ar que está dentro do erlenmeyer possui gotículas de água. Quando aquecemos o erlenmeyer, aquecemos estas gotículas, vaporizando-as. Elas sobem e enchem o balão” [Uma resposta classificada na categoria C. Um tipo de resposta bastante encontrada. Uma vez que o sujeito manifeste dificuldade de explicar o fenômeno utilizando substâncias gasosas, ele pode apelar para aquele tipo de material que lhe parece mais familiar, como o padrão dos líquidos, a água].

- e) “As moléculas do líquido que estavam dentro do frasco começaram a se agitar devido ao aquecimento, as ligações entre elas se romperam e elas começaram a se dilatar entre si e a se afastar. Aí com esse rompimento elas se afastaram e começaram a ocupar outros lugares, as moléculas se expandem e por isso o balão encheu” [Uma resposta classificada na categoria C, embora também pudesse ter sido classificada na categoria G, pois o sujeito declara que as moléculas se expandem].
- f) “Ocorreu a expansão do gás no interior do erlenmeyer” [Uma resposta típica para aquelas que foram classificadas na categoria D. O estudante utiliza uma declaração rotulada para descrever superficialmente o fenômeno, não atribuindo necessidade de melhor justificá-lo, utilizando, por exemplo modelos corpusculares].
- g) “Com o aquecimento, o ar contido no erlenmeyer se expandiu e tratou de ocupar o máximo de espaço disponível” [Uma resposta classificada na categoria D. É interessante observar a presença de finalidade na justificativa do fenômeno. O balão infla, porque o gás *deve, precisa, necessita, tem por objetivo, tem por finalidade ou é de sua natureza* ocupar mais espaço].
- h) “Quando o erlenmeyer for aquecido o ar que se encontra dentro dele irá subir para cima tentando ocupar cada vez mais espaço, isso fará com que o balão encha-se” [Uma resposta classificada na categoria E. É interessante, novamente, observar a presença de finalidade na justificativa do fenômeno].
- i) “O aquecimento do erlenmeyer fez com que a pressão dentro dele aumentasse, empurrando o ar para dentro do balão” [Uma resposta classificada na categoria F. O estudante busca por uma justificativa para o enchimento do balão. Aqui parece haver uma dificuldade de integração conceitual e o estudante faz valer as relações termodinâmicas em sua explicação, esquecendo-se de levar em consideração que o fenômeno ocorre sob pressão constante, o que justifica o aumento de volume quando aplicado um aumento de temperatura do sistema].
- j) “Por não haver mais saída de ar o balão enche devido a alta pressão. O ar contido no balão é quente. No erlenmeyer restam a água aquecida e as gotas de água fervida” [Uma resposta classificada na categoria F, mas que também poderia ser classificada na categoria C, devido utilização de material líquido na explicação do fenômeno].
- k) “O ar que está dentro do erlenmeyer também é aquecido e ocorre uma expansão das moléculas de ar, aumentando o volume ocupado pelo ar” [Uma resposta típica para aquelas que foram classificadas na categoria G].
- l) “Com o aquecimento do ar presente no erlenmeyer as moléculas ganham maior energia cinética e entram em expansão dentro do erlenmeyer e do balão, fazendo com que esse enchesse. O ar subiu pelo fenômeno de convecção” [Uma resposta classificada na categoria G. É interessante verificar que esse aluno indica o nome do fenômeno que muitos outros estudantes levaram em consideração, ao interpretarem que o balão se encheu devido ao deslocamento do ar quente para o balão].
- m) “Com o aquecimento houve um aumento na energia das moléculas do ar presente no erlenmeyer, ocasionado um aumento na pressão interna, já que as moléculas tendem a se afastar com o aquecimento. Logo, o balão inchou para que as moléculas tomassem lugar” [Uma resposta classificada na categoria H, mas é interessante verificar que mesmo tendo sido considerada correta, ainda há a persistência de noções finalistas na justificativa do fenômeno].

CONCLUSÕES

Inicialmente é importante destacar a permanência das concepções inadequadas de alguns estudantes, mesmo após ter cursado a disciplina de química geral, confirmando o que aponta a

literatura sobre as dificuldades quanto às mudanças conceituais. Tal constatação enfatiza a importância do professor desta disciplina em considerar relevante conhecer as concepções alternativas de seus estudantes e utilizá-las como estratégia para a proposição pedagógica de sua disciplina. Hanson e Wolfskill (1998) identificaram a persistência de concepções alternativas ao conhecimento em química mesmo nos alunos que obtiveram sucesso na disciplina de química geral. Assim, recomendam que seja necessário um maior esforço por parte do professor em identificar tais concepções alternativas e ser hábil para elaborar questões-chaves que levem o estudante a se confrontar com as lacunas de suas concepções em explicar as situações em estudo.

Neste artigo, constataram-se as dificuldades dos estudantes em manifestar suas concepções com clareza, pela utilização de conceitos fundamentais da química relacionados à compreensão submicroscópica do fenômeno sob estudo. Tais dificuldades estão associadas às inadequações das concepções alternativas dos alunos relativamente aos três fenômenos investigados nesta pesquisa, solubilidade, a agregação das partículas nos diferentes estados da matéria e a expansão térmica do ar quando aquecido. A presença dessas concepções alternativas sugere que muitos dos conceitos necessários para a correta explicação do fenômeno permanecem indiferenciados e, então, muito integrados, como por exemplo, aqueles relacionadas à correta descrição e representação atômico-molecular dos estados físicos da matéria, ou mesmo a ausência de conceitos de cinética, essenciais para descrever os estados desorganizados da matéria.

Os alunos manifestam, portanto, uma dificuldade que envolveria, entre outros, a definição conceitual dos termos e a seleção e organização dos conceitos utilizados na descrição e explicação do fenômeno. Estes se constituem obstáculos à aprendizagem em química e, supõem-se, configuram fatores que desmotivam os estudantes a permanecerem em seus cursos universitários.

Portanto, entende-se que se constitui competência do professor perceber as distintas visões de conhecimento, científico e de senso comum, e abrir espaços em sua sala de aula para uma interação educativa que contemple uma negociação no espectro da multiplicidade de significados conceituais (Driver e outros, 1999). Este é um papel fundamental do professor como representante da cultura científica, em sua ação educativa.

REFERÊNCIAS

- Barker, V. Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. Londres: Disponível em: <<http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon.htm>>. Acesso em: 15/08/2005. Ano de publicação: 2000.
- Benlloch, M. *La génesis de las ideas sobre la composición de la materia* (Tese de doutorado). Barcelona: Departamento de psicología evolutiva y de la educación, Universidad de Barcelona, 1993.
- Ebenezer, J.V & Erickson, G.L. Chemistry students' conceptions of solubility: a phenomenography. *Science Education*, 80 (2), 181-201, 1996.
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E.; Scott, P. *Química Nova na Escola*, 9, 31-40, 1999.
- Fensham, P.J. Implication, large and small, from chemical education research for the teaching of chemistry. *Química Nova*, 25 (2), 335-339, 2002
- Griffiths, A.K. and Preston, K.R. Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (6), 611-628, 1992.
- Hanson, D.; Wolfskill, T. Improving the teaching/learning process in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 75 (2), 143-147, 1998.

- Nahum, L.T.; Hofstein, A.; Mamlok-Naaman, R. & Bar-Dov, Z. Can final examinations amplify students' misconceptions in chemistry? *Chemistry Education: Research and Practice*, 5 (3), 301-325, 2004.
- Novick, S, and Nussbaum, J. Junior High School Pupils' understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview study. *Science Education*, 62 (3), 273-281, 1978.
- Novick, S. and Nussbaum, J. Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65 (2), 187-196, 1981.
- Taber, K. S. Chemistry lessons for universities?: a review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4 (2), 63-72, 2000.
- Taber, K. S. Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 2 (2), 123-158, 2001.
- Valanides, N. Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1 (2), 249-262, 2000.
- Westbrook, S.L. and Marek, E.D. A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 649-660, 1991.