

# CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE CALOUROS DE QUÍMICA PARA OS CONCEITOS DE TERMODINÂMICA E EQUILÍBRIO QUÍMICO.

## CHEMISTRY STUDENTS' ALTERNATIVE CONCEPTIONS OF THERMODYNAMICS AND CHEMICAL EQUILIBRIUM.

Shirley Martim da Silva<sup>1,3</sup>  
Lavínia Morais<sup>1</sup>  
Marcelo Leandro Eichler<sup>1,2</sup>  
Tânia Denise Miskinis Salgado<sup>1</sup>  
José Claudio Del Pino<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>UFRGS - Área de Educação Química, [aeq@iq.ufrgs.br](mailto:aeq@iq.ufrgs.br)

<sup>2</sup>UERGS, [exlerbr@yahoo.com.br](mailto:exlerbr@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>PPG Educação em ciências: Química da Vida e Saúde

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo inventariar as concepções alternativas ao conhecimento científico de estudantes de Química Geral, disciplina de primeiro semestre dos cursos de química. Essa disciplina é composta de oito áreas conceituais, inseridas em quatro unidades. Neste artigo, abordamos os resultados referentes à segunda unidade: Termodinâmica e Equilíbrio Químico. Nas explicações alternativas a esses conceitos foram evidenciados os erros conceituais que são freqüentes e que a literatura reporta, tais como: não há conservação de energia em reações químicas; uso inadequado da notação química para explicar um determinado fenômeno; concepções errôneas ao tratar todas as substâncias na reação de maneira independente, ao invés de visualizar interações entre elas; além de representações equivocadas sobre a compartimentalização física de reagentes e produtos num determinado sistema em estado de equilíbrio.

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

### ABSTRACT

This paper aims to investigate and analyze the conceptions on chemistry fundamental concepts of university students who attend General Theoretical Chemistry. The General Chemistry syllabus is based on eight conceptual fields and distributed in four teaching units. The results presented in this paper are related to the second teaching unit: Thermodynamics and Chemical Equilibrium. Students' alternative conceptions on those concepts present common conceptual mistakes reported in the literature, such as: the conception that there is no conservation of energy in chemical reactions; unsuitable use of chemical notation to explain a phenomenon; mistaken conceptions when treating separately different substances present in a reaction instead of perceiving the interaction among them, and mistaken representation on the physical compartmentalization of reagents and products in a given system in equilibrium state.

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

### INTRODUÇÃO

Mesmo que o estudo das concepções alternativas não seja uma novidade (Barker, 2000), pouco dos seus resultados tem chegado efetivamente à sala de aula, tanto do nível médio quanto do nível superior. Os professores desse nível de ensino poderiam argumentar que a expressão das

concepções alternativas dos estudantes estaria restrita ao nível médio. Porém, mostramos em outro trabalho (Silva, et al., 2005) que determinadas concepções sobre os conceitos fundamentais de química que são apresentados no ensino médio permanecem, mesmo depois de estudos básicos na graduação, inalteradas em boa parte dos estudantes de ensino superior.

Em relação ao ensino médio, pode fazer uma revisão bibliográfica sobre as concepções alternativas e deparar-se com algumas pesquisas que apontam que o ensino tradicional pouco tem ajudado para a aquisição de conteúdos básicos, necessários para o aprendizado de amplos conceitos da química (Machado e Aragão, 1996; Mortimer e Amaral, 1998). Nesse sentido, pode-se depreender que as concepções trazidas pelos alunos antes da formação acadêmica podem limitar suas novas experiências de aprendizagem nas atividades de ensino superior.

Os resultados apresentados em diversas pesquisas, inclusive naquelas que desenvolvemos (Silva, et al., 2005), nos levam a refletir sobre a busca de uma proposta pedagógica alternativa ao modelo de ensino vigente para a área da química. Não bastaria apenas conhecer os possíveis erros dos alunos, seria necessário, também, inventariar suas características gerais, investigando suas origens e desta maneira discutir a possível persistência desses erros e das dificuldades manifestas pelos alunos no ensino superior.

Algumas pesquisas em ensino de química (Barker, 2000; Benloch, 1993), realizadas principalmente na Europa, evidenciaram o fato de que a solução de problemas padrões (bem estruturados e em forma algorítmica) não enseja a compreensão conceitual, ou seja, mesmo após a solução de diversos exercícios e problemas aritméticos de conceitos em química, os estudantes apresentam dificuldade em aplicar esses conceitos na argumentação (envolvendo descrição e explicação) sobre fenômenos naturais abordados nas disciplinas de Química.

Em relação aos conceitos de Equilíbrio Químico e de Termodinâmica, que são abordados neste artigo, pôde-se verificar que os alunos relacionam o estado de equilíbrio químico com à ausência de alterações nos sistemas e há aqueles que consideram reagentes e produtos em recipientes separados (Pereira, 1989a). Na compreensão do conceito de equilíbrio químico, evidenciou-se dificuldades nas apropriações de seu aspecto dinâmico, do significado da constante de equilíbrio e da diferença entre fenômenos e as suas representações (Machado e Aragão, 1996). Também nesta linha de investigação a literatura nos reporta a J.Quiléz (1997; 1998) que explora a persistência dos erros conceituais e dificuldades manifestas pelos estudantes ao resolverem questões referentes ao conceito de Equilíbrio Químico e mais especificamente a aplicação inadequada do Princípio de Le Chatelier. Uma vez detectados os erros conceituais dos estudantes surge a possibilidade de estabelecer aproximações didáticas alternativas. Desta forma, superando-se estas deficiências, pode-se alcançar uma aprendizagem significativa.

Sobre a termodinâmica, pode-se notar que a noção mais simples associada a esse campo conceitual relaciona a energia com a formação e o rompimento de ligações. Nesse sentido, pode-se citar a concepção alternativa que sugere: quando se formam ligações, energia é liberada; e quando uma ligação é rompida, é necessária energia para fazê-lo (Barker, 2000). Outros conceitos importantes são calor e temperatura, onde podemos citar como concepção alternativa recorrente: “o calor é geralmente associado a uma fonte ou a um estado e utiliza-se tanto calor como temperatura para designar um estado quente” (Köhnlein e Peduzzi, 2002).

Segundo Mortimer e Amaral (1998), há três concepções bastante recorrentes entre os estudantes sobre calor e temperatura: i) “há dois tipos de calor: o quente e o frio”; ii) “calor é diretamente proporcional à temperatura”, fazendo com que esses conceitos sejam muitas vezes considerados idênticos; e iii) a concepção substancialista de calor: “o calor é uma substância”, essa concepção contém a idéia de que o calor é um atributo de determinado material. Sabe-se que essas concepções não serão extintas da linguagem coloquial e das relações de entendimento dos estudantes, porém as atividades de ensino e de aprendizagem devem oferecer condições para que elas sejam diferenciadas, para que se elabore o conhecimento formal, possibilitando a

incorporação de novos significados que possam conviver com significados do seu dia-a-dia e conseqüentemente ampliar o perfil conceitual dos estudantes (Mortimer, 1994).

As pesquisas citadas anteriormente mostram que, em muitos casos, poucos estudantes conseguem explicar corretamente os fenômenos, apesar de saberem resolver problemas matemáticos muito complicados. Os estudantes possuem grande dificuldade em relacionar conceitos em um arcabouço teórico coerente, o que implica que há a necessidade de se propor alternativas para ajudá-los no processo de criação de modelos explicativos. Nesse sentido, é preciso registrar que há dificuldades conceituais que dificilmente podem ser superadas apenas pelo ensino tradicional, pois apenas saber manusear representações algébricas não implica que os estudantes possam conectar os teoremas com a realidade química, bem como não significa que os conceitos estejam disponíveis para serem utilizados em outras situações (Machado e Aragão, 1996). Porém, algumas alternativas utilizadas têm apresentado problemas. Por exemplo, o uso de analogias e modelos para a explicação dos fenômenos envolvendo os conceitos de equilíbrio químico e termodinâmica causam alguns obstáculos à aprendizagem destes conceitos, pois apresentam distorções ao conceito científico (Pereira, 1989b).

As dificuldades arraigadas às concepções alternativas entrelaçam-se à dificuldade do próprio entendimento da linguagem utilizada para comunicar a química, ou seja, os estudantes não só tem dificuldades em entender o assunto, como têm que se adaptar a palavras não familiares (Silva, et al., 2005). Percebe-se que eles apenas usam essas palavras sem entender o significado das mesmas. Identifica-se a dificuldade dos estudantes em descrever os objetos da química e explicar os fenômenos e seu comportamento em um dado sistema.

Neste artigo, pretendemos continuar o recenseamento das concepções prévias dos estudantes de ensino superior sobre conceitos fundamentais à química, que iniciamos anteriormente (Silva, et al., 2005). Nesse sentido, procuramos evidenciar as dificuldades relacionadas às áreas de equilíbrio químico e termodinâmica com o objetivo de inventariar as concepções alternativas expressas pelos estudantes, além de identificar as inadequações na compreensão destes conceitos descrevendo e comparando os possíveis sentidos conferidos às explicações dos diferentes fenômenos químicos; pois estas se constituirão obstáculos à construção de novos conceitos ou ao desenvolvimento de concepções mais avançadas que delas dependam.

## 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, 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 segunda unidade, que envolve os seguintes conteúdos curriculares: Equilíbrio Químico e Termodinâmica. O questionário para essa unidade continha quatro perguntas. As questões analisadas foram:

1) Em um recipiente de 1 litro, são colocados 1 mol de hidrogênio gasoso (representado por ) e 1 mol de iodo gasoso (representado por ):

a) Escreva a equação química para a reação que ocorre entre esses dois gases.

b) Fazer representação atômico-molecular das espécies no estado de equilíbrio para essa reação.



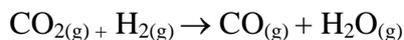
2) A reação química do problema 1 é exotérmica e seu  $K_c$ , a  $25^\circ\text{C}$ , é 794. Considerando que o hidrogênio é um gás incolor, o iodo é um gás violáceo e o produto da reação entre eles é um gás incolor:

a) Que cor será observada no recipiente quando o estado de equilíbrio for atingido?

b.1) O que se pode prever sobre a cor e o comportamento das moléculas se o recipiente da mistura em equilíbrio for colocado em um lugar mais quente?

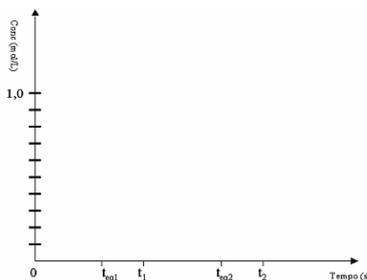
b.2) Por quê?

3) Foram colocados em um recipiente de 1 litro, 1 mol de  $\text{CO}_{2(g)}$  e 1 mol de  $\text{H}_{2(g)}$ , que reagem segundo a equação:



Após atingir o equilíbrio, verificou-se que a concentração do  $\text{CO}_{2(g)}$  baixou para 0,6 mol/L e a do  $\text{CO}_{(g)}$  atingiu 0,4 mol/L.

a) Represente, no gráfico abaixo, a variação da concentração do  $\text{CO}_{2(g)}$  e do  $\text{CO}_{(g)}$  em função do tempo de reação, desde  $t=0$  até um instante  $t_1$  após o tempo ( $t_{eq1}$ ) em que o sistema atinge o equilíbrio.



b) Ao mesmo sistema em equilíbrio, no tempo  $t_1$ , adiciona-se mais 0,5 mol de  $\text{CO}_{2(g)}$ . Represente qualitativamente, no mesmo gráfico acima, o que ocorrerá com as concentrações das espécies químicas, até um instante  $t_2$  após o tempo ( $t_{eq2}$ ) em que o sistema atinge um novo estado de equilíbrio.

4) Dois cubos de gelo foram colocados em um copo com água a  $25^\circ\text{C}$ .

a) Descreva o que aconteceu quanto à temperatura e ao nível da água líquida no copo:

a.1) logo após a adição dos cubos de gelo.

a.2) após transcorridos alguns minutos.

b) Explique da melhor maneira possível por que essas alterações aconteceram.

## RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Os questionários foram submetidos aos alunos antes da primeira aula sobre o tema em questão. Entre os 123 alunos que responderam ao questionário, em 3 diferentes turmas, existem 37 alunos (30,08 %) que cursavam a disciplina pela segunda vez.

*Equacionamento de uma reação entre gases.*

A questão solicitava o equacionamento de uma reação entre dois gases. Um segundo item dessa questão solicitava que os alunos fizessem uma representação atômico-molecular das espécies no estado de equilíbrio para essa reação. A intenção era verificar se os estudantes realizavam uma notação química correta. Na Tabela 1 apresentamos uma síntese das respostas dos alunos a essa questão.

A representação solicitada nessa questão não foi realizada apenas por 1 aluno (0,81 %). Embora adote-se a equação com a flecha ( $\rightleftharpoons$ ), indicando a situação de equilíbrio, na análise dos questionários, constatou-se que 77,42% dos alunos utiliza a notação de seta ( $\rightarrow$ ) para representar a reação de hidrogênio com iodo. Apenas 10 alunos (8,13% do total de alunos que preencheram o questionário) utilizaram a uma notação mais formal, utilizaram a seta dupla ( $\rightleftharpoons$ ) e identificaram os estados físicos das espécies envolvidas.

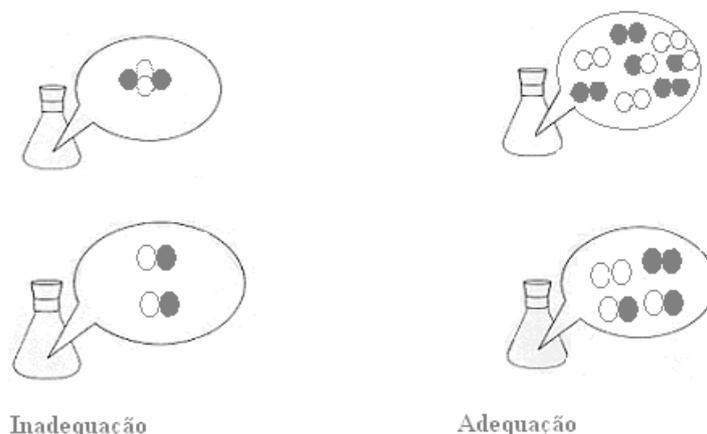
**Tabela 1: Síntese das representações dos estudantes sobre a reação de 1 mol de hidrogênio gasoso e 1 mol de iodo gasoso.**

Representação das Equações	Cursando a disciplina		Total	%
	1ª	2ª		
$H_2 + I_2 \rightarrow 2 HI$	1ª	2ª	42	34,15
	2ª	14		
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2 HI_{(g)}$	1ª	17	30	24,39
	2ª	13		
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2 HI$	1ª	11	17	13,82
	2ª	6		
$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2 HI$	1ª	10	12	9,76
	2ª	2		
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2 HI_{(g)}$	1ª	9	10	8,13
	2ª	1		
$H_2 + I_2 = 2 HI$	1ª	2	2	1,63
	2ª	-		
$H_2 + I_2 \leftrightarrow 2 HI$	1ª	2	2	1,63
	2ª	-		
$I_{(g)} + H_{(g)} \rightarrow IH_{(g)}$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow H_2I_{2(g)}$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2 HI_{(g)} \Delta H < 0$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2 HI + "7 aq"$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_2 + I_2 = H_2I_2$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$2H + 2I \rightarrow 2 HI$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow HI_{(g)}$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
Não respondeu	1ª	1	1	0,81
Total de Alunos			123	

#### *Representação atômico-molecular para iodo e hidrogênio gasosos.*

O item b da questão 1 solicitava uma representação atômico-molecular das espécies no estado de equilíbrio para a reação entre iodo e hidrogênio gasosos. A metade dos estudantes (50,41%) representou adequadamente o estado atômico-molecular das espécies, concebendo que no estado de equilíbrio as moléculas de iodo, hidrogênio e iodeto de hidrogênio coexistem. Um percentual considerável (45,53%) dos alunos utilizou uma representação inadequada para o estado solicitado e 4,06% dos alunos (5 alunos) não fizeram nenhuma representação.

A Figura 1 apresenta respectivamente um exemplo de uma representação inadequada e outra adequada. Levou-se em conta para classificar como adequação a interação entre as espécies, ou seja, reagentes e produtos coexistindo num mesmo compartimento.



**Figura 1: Exemplo de inadequação e adequação do estado atômico-molecular no estado de equilíbrio.**

Essas inadequações indicam algumas concepções alternativas manifestas pelos alunos para o fenômeno de equilíbrio químico. A presença de tais concepções sugere que muitos dos conceitos necessários para a correta explicação do fenômeno permanecem indiferenciados, por isso pouco entendidos pelos estudantes.

Na representação à esquerda, classificada como inadequada percebe-se que os estudantes apenas representam o produto formado (iodeto de hidrogênio), proporcionando uma interpretação de que uma vez atingido o estado de equilíbrio, não ocorre mais reação, ou seja, uma concepção de equilíbrio limitada ao equilíbrio estático. A organização de uma representação contendo apenas o produto no recipiente indica-nos a possibilidade do estudante conceber que no estado de equilíbrio haja compartimentos distintos (reagentes e produtos ocupando distintos lugares) ou que os reagentes foram totalmente consumidos. Essa visão compartimentada do sistema em equilíbrio provoca uma dificuldade de entendimento, pois os alunos concebem (e representam) as espécies participantes da reação química como entidades separadas, em virtude da seta utilizada na equação, e podem, erroneamente, conceber que é possível alterar as concentrações só dos reagentes ou só dos produtos ou ainda que é possível que as colisões sejam apenas entre reagentes ou produtos.

#### *Previsão sobre a cor e o comportamento das moléculas numa mistura em equilíbrio*

Na questão 2 do questionário solicitou-se que o estudante, a partir das condições reacionais fornecidas, previsse a cor observada no recipiente quando o estado de equilíbrio fosse atingido.

Dos 123 alunos que responderam ao questionário, 3,25% (4 alunos) não responderam à questão. Os termos utilizados para designar a coloração no estado de equilíbrio foram: incolor (51,22%), intermediária (32,52%) e violácea (13%).

Um percentual de 45,52% afirmou que haveria cor no sistema. As respostas classificadas como intermediárias se enquadram nos exemplos seguintes: “uma cor levemente violácea, tendendo ao incolor”; “incolor com um levíssimo tom de violeta”; “incolor com resquícios violáceos” e “praticamente incolor com um pouco de violáceo”.

Embora 51,22% dos estudantes tenham respondido adequadamente que ao atingir o estado de equilíbrio a coloração resultante seria incolor, observou-se inconsistências nas idéias dos alunos a partir das respostas do item b da questão 2, onde pergunta-se o que se pode prever sobre a cor e o comportamento das moléculas se o recipiente da mistura em equilíbrio for colocado em um lugar mais quente. Novamente, deparamos com a dificuldade que os estudantes possuem de explicar os fenômenos observáveis com uma linguagem científica adequada.

O intuito dessa questão foi inventariar as concepções alternativas dos estudantes sobre as alterações nas condições de equilíbrio, tal como temperatura. Agrupando as respostas dos alunos em categorias de explicações, duas grandes classes foram possíveis de serem identificadas

(Tabela 2); A categoria 1 que se referia às explicações de *aumento* seja da Energia Cinética, das colisões, do número de moléculas do produto ou simplesmente na agitação das moléculas obteve 26,83% das repostas dos alunos que responderam ao questionário. Um percentual de 34,96% dos alunos utilizou na explicação para o fenômeno a categoria 2: *deslocamento do equilíbrio* (para reagentes ou para produtos), sendo que destes 27,64% respondeu adequadamente que se alterando esta condição da reação, o estado de equilíbrio se deslocaria no sentido dos reagentes. Há um percentual considerável de estudantes (20,32%) que agruparam em suas respostas as duas categorias, essas categorias integram os conceitos mais adequados para a resolução do exercício. Verificou-se que 8,13% dos estudantes que responderam ao questionário utilizaram termos impróprios para o investigado, tais como: “se aumentarmos a temperatura aumentaríamos a velocidade com que elas se movem e elas irão se diluir mais rapidamente” (sendo esse tipo de resposta inserido na classe *outras explicações*).

Embora, o conceito de aumento de energia cinética seja um termo adequado para explicação do fenômeno, percebeu-se que a utilização de termos químicos adequados não são fatores que garantem a resolução correta da questão, como pode ser constatado na explicação destes estudantes:

As moléculas ficarão com maior energia cinética e sendo exotérmica a reação, quanto mais calor ela recebe, mais calor ela vai liberar, tornando-a mais eficaz e, portanto com maior tendência ao incolor, que é o produto final da reação.

E em contrapartida um outro estudante escreve:

Com aquecimento, a temperatura aumenta e o sistema sai do equilíbrio. As moléculas ficam com maior energia cinética e a cor observada passa a ser o violáceo.

Além do que, o estudante que responde de forma adequada a coloração no estado de equilíbrio pode ser o mesmo que erroneamente explica o comportamento das moléculas quando esse equilíbrio é atingido.

**Tabela 2: Categorias para a explicação do comportamento das moléculas frente a uma alteração no estado de equilíbrio.**

Comportamento das Moléculas		Cursando a disciplina		Total	%
		1ª vez	2ª vez		
Categoria 1	Aumento Energia cinética	5	4	9	7,32
	Aumento das colisões	6	2	8	6,5
	Aumento do n°. de moléculas HI	3	-	3	2,44
	Aumento da agitação	8	5	13	10,57
Categoria 2	<b>Deslocamento do equilíbrio para reagentes</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>34</b>	<b>27,64</b>
	Deslocamento do equilíbrio para produtos	7	2	9	7,32
	Outras explicações	6	4	10	8,13
Categoria 1 e 2		<b>19</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>20,32</b>
Não responderam		7	5	12	9,76
Total de alunos		123			

*Representação gráfica qualitativa de um sistema em estado de equilíbrio.*

A análise da questão três do pré-teste envolve a verificação das representações das espécies químicas envolvidas na reação. Nesse sentido, dever-se-ia iniciar a representação gráfica partindo do ponto 1 mol/L de reagentes e do ponto 0 mol/L de produtos, ou seja, o estudante deve ter o entendimento de que estado de equilíbrio químico é a situação em que a proporção entre as quantidades de reagentes e produtos em uma reação química se mantém constante ao longo do tempo. Deste modo, pode-se visualizar na Tabela 3 as concepções dos estudantes a respeito do  $t_{eq1}$ . Constata-se que o primeiro estado de equilíbrio é representado adequadamente por 73,98% dos estudantes, embora 17,07% não tenha identificado as espécies reativas no gráfico.

**Tabela 3: Análise do estado de equilíbrio  $t_{eq1}$** 

Cursando a disciplina	Representação das espécies químicas no Estado de Equilíbrio $t_{eq1}$			
	<i>Sim</i>		<i>Não</i>	
	1ª vez	2ª vez	1ª vez	2ª vez
<b>CATEGORIAS</b>				
Ausência da identificação das espécies envolvidas na reação	13	8	0	6
%	17,07		4,88	
Identificação das espécies envolvidas na reação	47	23	14	6
%	56,91		16,26	
Não responderam		Total de alunos		
1ª vez	2ª vez	123		
4	2			
4,88%				

O item b da questão três solicitava que no mesmo gráfico anteriormente representado o estudante esboçasse o estado de equilíbrio  $t_{eq2}$  após o acréscimo de 0,5 mol/L de  $CO_2$ . Diferentemente da primeira representação, os estudantes apresentaram grande dificuldade em expressar graficamente o fenômeno químico. Pensa-se que o primeiro gráfico alcançou um alto grau de adequações em virtude de tratar-se de um gráfico constantemente apresentado quando se aborda o conceito de equilíbrio químico. Quando foi introduzida a idéia de um fator perturbador ao equilíbrio, que no caso da questão apresentada foi o aumento da  $[CO_2]$ , observa-se claramente o não entendimento do conceito. Dos 123 alunos que responderam ao pré-teste, apenas 11 estudantes (8,94%) representaram adequadamente os dois estados de equilíbrio. Conforme tabela 4, apresentada abaixo, podemos verificar a dificuldade na elaboração representacional dos estudantes sobre o estado de equilíbrio  $t_{eq2}$ .

**Tabela 4: Análise do estado de equilíbrio  $t_{eq2}$** 

Cursando a disciplina	Representação das espécies químicas no Estado de Equilíbrio $t_{eq2}$			
	<i>Sim</i>		<i>Não</i>	
	1ª vez	2ª vez	1ª vez	2ª vez
<b>CATEGORIAS</b>				
Ausência na identificação das espécies envolvidas na reação	1	0	9	17
%	0,81		21,14	
Identificação das espécies envolvidas na reação	7	3	54	26
%	8,13		65,04	
Não responderam		Total de alunos		
Cursando disciplina		123		
1ª vez	2ª vez			
4	2			
% 4,88				

As principais inadequações apresentadas pelos estudantes na representação dos equilíbrios estão relacionadas às dificuldades de entendimento das alterações no deslocamento do equilíbrio, que nesta questão refere-se ao aumento da concentração dos reagentes, favorecendo a formação do produto. Argumentamos isso com base no percentual constatado, ou seja, 86,18% dos estudantes não souberam identificar adequadamente o estado de equilíbrio  $t_{eq2}$ .

Na elaboração dos gráficos percebe-se que não foi realizada a representação do aumento da concentração do reagente como solicitado na questão e, conseqüentemente, o deslocamento do equilíbrio em favorecimento da formação dos produtos. Na Figura 2 são apresentados alguns exemplos das principais inadequações nas representações, onde pode-se inferir que para os estudantes que representaram o aumento da concentração do reagente, mas não representaram o aumento na formação dos produtos - caso (b) -, não o fizeram pela não compreensão das

variações no deslocamento do equilíbrio frente aos fatores de perturbação do mesmo, ou seja, não parece haver o entendimento, por parte dos estudantes, que o aumento da concentração de uma substância desloca o equilíbrio no sentido de consumo dessa substância. A representação (a) permite-nos inferir que alguns estudantes não compreendem a idéia de reação na qual logo que uma interação entre reagentes é promovida uma quantidade proporcional de produto é formada e esse torna a dar origem ao reagente, coexistindo no equilíbrio reagentes e produtos. A representação (c) é recorrente entre os estudantes, grande parte deles esboça corretamente o equilíbrio  $t_{eq1}$  não dando continuidade ao  $t_{eq2}$  ou quando o fazem (d) não representam o aumento da  $[CO_2]$  em escala adequada com a proporção solicitada. Há casos de representações (e) e (f) impróprias para um equilíbrio químico e bastante semelhante à gráficos de coordenadas utilizados em aulas de matemática.

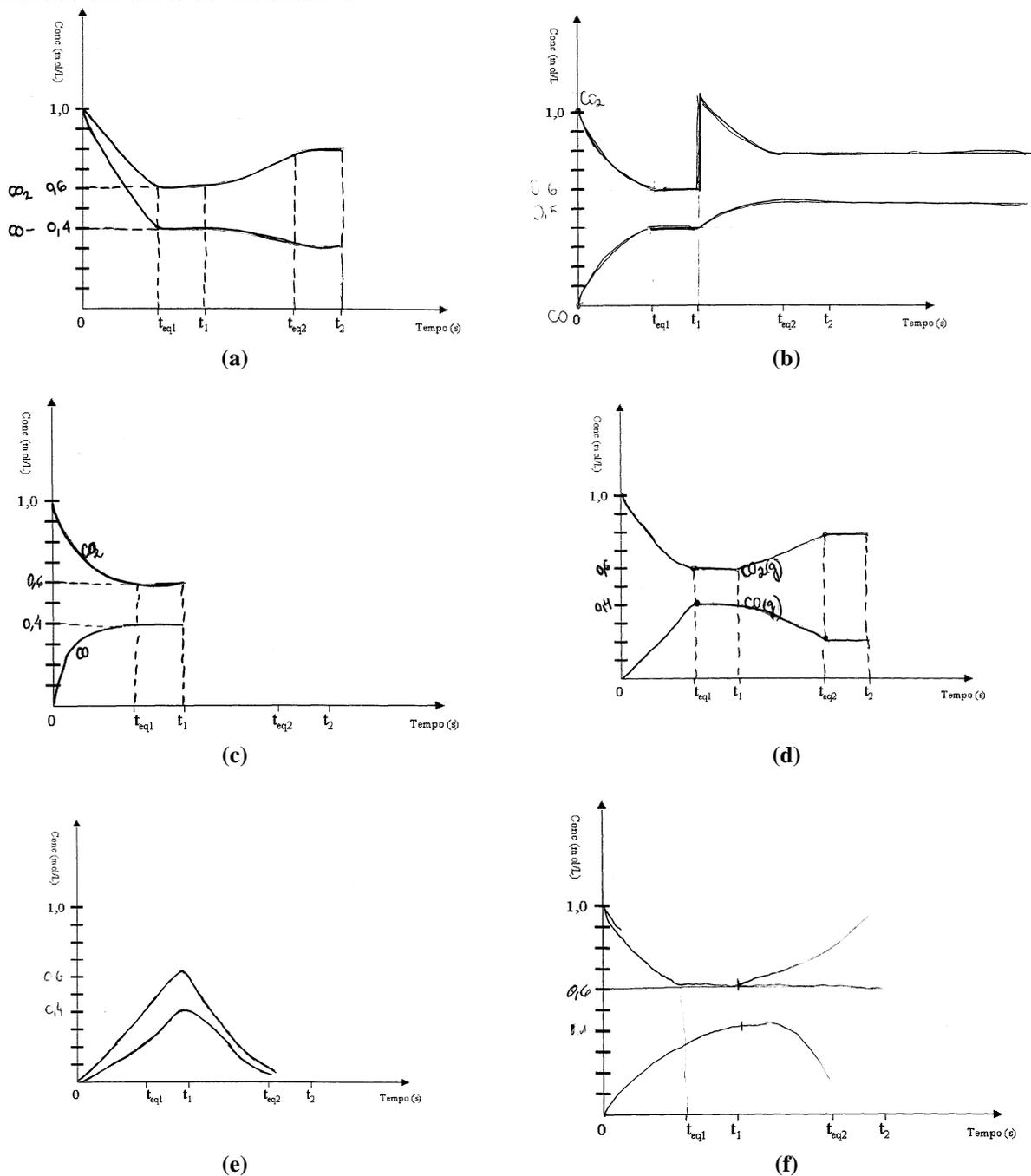


Figura 2: Exemplos de inadequações na representação do equilíbrio.

*Alterações ocorridas em um sistema composto por dois cubos de gelo em água.*

Na quarta questão, há três variações de respostas em relação ao nível da água: aumenta, diminui ou permanece constante. Analisado conjuntamente, conforme a Tabela 5, a resposta mais recorrente é a de que 46,34% dos estudantes concebem que na adição de gelo ao sistema mencionado ocorre diminuição da temperatura e aumento do nível da água, seguido da resposta de que o nível da água aumenta, mas a temperatura permanece constante.

Em relação ao nível da água 70,72% dos alunos responderam adequadamente que o nível da água aumentaria logo após a adição dos cubos do gelo. Esse percentual analisado é apenas sob o ponto de vista de aumentar o nível da água, mas se a análise for feita no conjunto da questão que solicitava a explicação quanto à temperatura e ao nível da água constata-se que não há um entendimento do fenômeno, ou seja, não há uma inter-relação entre os conceitos. A concepção de que a temperatura do sistema diminua após a adição dos cubos de gelo obteve 57,68% das respostas dos estudantes. Um percentual de 6,5% dos estudantes concebem que nenhuma alteração ocorre, ou seja, a temperatura e nível da água permanecem constantes durante todo o processo.

**Tabela 5: Análise da questão 4 (a.1).**

Nível da água e temperatura		Cursando a disciplina			%
		1ªvez	2ªvez	Total	
a.1	Nível aumenta e Temperatura diminui	39	18	57	46,34
	Nível aumenta e Temperatura constante	18	3	21	17,07
	Nível aumenta e há troca de calor entre gelo e água	6	2	8	6,5
	Nível constante e temperatura diminui	6	5	11	8,9
	Ambos aumentam		1	1	0,81
	Ambos diminuem	2	1	3	2,44
	Não há nenhuma alteração	7	1	8	6,5
	Outras explicações	8	3	11	8,9
	Não responderam	1	2	3	2,44

Entretanto, a análise da questão será mais contundente quando for analisado o conjunto das respostas dos três itens: a.1), a.2) e b), pois se analisarmos em separado obteremos informações desconectas a respeito das concepções dos estudantes e sobre o fenômeno. Nesse sentido, pôde-se evidenciar a idéia de conhecimento compartimentado que os estudantes possuem, pois poucos conseguiram integrar o conhecimento. Isso fica mais claro nas respostas ao item b) da questão, onde são solicitados a descrever da melhor maneira possível porque tais alterações ocorreram no sistema.

Quando foi respondida a questão 4)a.2) – que pergunta sobre o nível e a temperatura da água após alguns minutos –, pode-se notar, conforme a Tabela 6, que a resposta mais freqüente foi a de que o nível da água aumentaria e a temperatura diminuiria. Verifica-se que 52,84% dos estudantes concebem que o nível da água aumenta e que 46,33% explicitam que a temperatura deva diminuir após transcorridos algum tempo.

**Tabela 6: Análise da questão 4 (a.2).**

Nível da água e temperatura		Cursando a disciplina			%
		1ªvez	2ªvez	Total	
a.2	Nível aumenta e Temperatura diminui	26	11	37	30,08
	Nível aumenta e Temperatura constante	12	8	20	16,26
	Nível constante e temperatura diminuem	3	1	4	3,25
	Ambos aumentam	6	2	8	6,50
	Ambos diminuem	11	5	16	13,00
	Nível diminui e Temperatura aumenta	2	4	6	4,88

Nível se mantém e houve trocas térmicas	2	1	3	2,44
Apenas Equilíbrio Térmico	4	2	6	4,88
Nível diminui e Temperatura constante	3	3	6	4,88
Não houve alteração	2	2	4	3,25
Outras explicações	5	4	9	7,32
Não responderam	1	3	4	3,25
Total de alunos	123			

Algumas concepções dos estudantes a respeito do fenômeno mencionando acima podem ser exemplificadas nas descrições que seguem:

- O gelo reteu uma parte do calor da água e começou a derreter.
- Após chegar ao equilíbrio térmico e todo gelo ter derretido o nível não mudará pois apesar de o gelo possuir maior volume, sua densidade é menor e uma pequena fração fica acima do nível da água.
- O nível permanece igual, porém a temperatura da H<sub>2</sub>O cai e o gelo derrete.
- Já derretido, a mistura tornou-se homogênea, a temperatura da água diminui e o volume total é o volume inicial de água + o gelo.

Essas declarações ajudam a revelar, além da concepção dos estudantes sobre o assunto, a forma de organizar o pensamento lógico e a utilização de termos comuns na explicação dos fenômenos químicos.

Quando se solicitou a explicação do fenômeno, no item b) da questão, verificou-se o uso indiscriminado de termos científicos. As principais causas citadas pelos alunos, sejam adequadas ou inadequadas, para explicar as alterações no sistema foram feitas através da utilização de termos e expressões como: troca de calor, equilíbrio térmico, e processo endotérmico. Algumas descrições dos estudantes são citadas a seguir:

- Por que há moléculas c/ maior energia (mais quentes) e menor energia (menos quentes) que, quando se encontram tendem a igualar essas energias – estado de equilíbrio.
- As alterações ocorreram, pois o fluxo de calor entre 2 substâncias é contínuo, ocorre até que se atinja o equilíbrio térmico.
- A temperatura diminui um pouco p/ ocorrer um equilíbrio térmico, e o vol. aumenta pela união dos volumes.
- O sistema entra em equilíbrio e o equilíbrio é uma “média” entre as temperaturas dos dois sistemas. Isso também ocorre c/ o nível da água.
- Por que o gelo recebe calor do meio para derreter, se tornando um processo endotérmico.
- A água é anômala por isso ela não tem um volume constante de 0°C a 4°C ela aumenta e não diminui.

## 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.

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 e representacional do fenômeno sob estudo. Os alunos manifestam 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. Esses se constituem obstáculos à aprendizagem em química e, supõem-se, configuram fatores que desmotivam os estudantes a permanecerem em seus cursos universitários.

Por fim, apesar do estudo das concepções alternativas ser continuamente reiterado em termos de pesquisa, parece que pouco de seus achados chega à sala de aula, principalmente, no

ensino superior. Por essa, e outras razões, que a validade desse trabalho se consolida, pois não apenas tivemos o intuito de inventariar as principais concepções dos estudantes universitários, mas também discuti-las com os docentes do ensino superior. Entendemos que é indispensável, dentro de cada instituição de ensino, uma análise das situações para detectar seus problemas, o que poderia levar a soluções objetivas que incidam sobre a eficiência dos cursos superiores. Para tanto não basta apenas considerar o conteúdo, mas sim verificar se esses estão integrados e seqüenciados de forma a constituírem um currículo e não apenas um conjunto de disciplinas. Desse modo, o estudo das concepções alternativas na disciplina de Química Geral é essencial, pois esta contém e apresenta a base conceitual para as demais disciplinas ao longo do curso. Por tudo isso, ressaltamos a relevância do professor conhecer as concepções alternativas de seus estudantes e utilizá-las como estratégia para a proposição pedagógica de sua disciplina.

## 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.
- Köhnlein, J.F.K., Peduzzi, S.P. Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), p. 84-96, 2002.
- Machado, A. H., Aragão, R. M. R. Com os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, nº 4, p. 18-20, 1996.
- Mortimer, E. F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para onde vamos? Disponível em: < <http://www.cefetsp.br/edu/eso/construtivismociencias.html>>. Acesso em: 01. 08. 2007. Ano de publicação: 1994.
- Mortimer, E. F., Amaral, L.O.F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino médio. *Química Nova na Escola*, nº 7, p. 30-34, 1998.
- Pereira. M. P.B.A. Equilíbrio Químico – Dificuldades de Aprendizagem – I – Revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa. *Química Nova*, vol. 12, nº1, p.76-81, 1989a.
- Pereira. M. P.B.A. Equilíbrio Químico – Dificuldades de Aprendizagem – II – Uso de Analogias e Modelos. *Química Nova*, vol. 12, nº2, p.182-187, 1989b.
- Quiléz, J.P. Superación de errores conceptuales del equilibrio químico mediante una metodología basada en el empleo exclusivo de la constante de equilibrio. *Educación Química*, vol. 8, nº1, p. 46-54, 1997.
- Quiléz, J.P. Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Educación Química*, vol. 9, nº6, p. 367-377, 1998.
- Silva, S. M.; Marques, P. L.; Eichler, M. L.; Salgado, T. D. M.; Del Pino, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para os estados de agregação da matéria, solubilidade e a expansão térmica do ar. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru: Abrapec, 2005.