

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E DA SAÚDE**

**CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE CALOUROS DE QUÍMICA SOBRE
CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA QUÍMICA GERAL**

Shirley Martim da Silva

Dissertação apresentada
como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências,
sob orientação do Prof. Dr. José Claudio Del Pino

Porto Alegre, RS, Brasil

2008

Agradeço

Ao Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde que possibilitou a realização desta pesquisa.

Aos colegas e professores do Programa de Pós-Graduação pelas trocas de experiências e conhecimento.

Aos Professores e estudantes da disciplina QUI01004 – Química Geral Teórica que tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos amigos integrantes e agregados da Área de Educação Química pelo companheirismo e amizade.

À Profa. Dra. Tania Salgado pela amizade e pelas colaborações para a elaboração deste trabalho.

Ao Eichler, pelo carinho, amizade e pelas sugestões pertinentes que me possibilitaram novas reflexões.

Aos meus amigos de todas as horas, principalmente: Aline, Fabi e Tati que permaneceram ao meu lado em todas as etapas, apoiando, dando assistência e sempre incentivando a concretização deste trabalho.

Ao meu “Teacher Querido”, Prof. Dr. José Claudio Del Pino pela orientação, amizade e que por mais palavras que aqui utilizasse, não conseguiria expressar a dimensão de meu afeto e agradecimento.

Aos meus pais, por seu amor e contribuição para minha formação ao longo dos anos.

À minha irmã, Scheila, que me mostrou o caminho da vida universitária e que é exemplo de que devemos acreditar sempre nos nossos sonhos.

À Capes pelo apoio financeiro.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Iara e José
por mais razões do que eu poderia
enumerar.

Amo vocês!

Resumo

Esta investigação tem como objetivo inventariar as concepções alternativas ao conhecimento científico expressas por estudantes universitários que cursam a disciplina de Química Geral Teórica no Departamento de Química Inorgânica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A pesquisa foi realizada em três turmas de Química Geral Teórica vigentes no semestre 2005/1, contabilizando 66 estudantes do curso de Química (licenciatura, bacharelado e industrial), 46 estudantes da Engenharia Química, 17 estudantes da Engenharia de Materiais e 1 estudante do curso de Geologia, totalizando 130 estudantes matriculados.

Nessa pesquisa averiguamos as concepções alternativas ao conhecimento científico que os estudantes possuem para os conhecimentos disciplinares desta área. Buscou-se uma descrição, interpretação e análise dessas concepções alternativas visando identificar as principais inadequações na compreensão de conceitos fundamentais presentes na disciplina de Química Geral, pois essas se constituem obstáculos à construção de novos conceitos ou ao desenvolvimento de concepções mais avançadas que delas dependam.

Os dados desta investigação foram construídos a partir: i) digitalização das respostas dadas por esses estudantes ao pré-teste aplicado ao início de cada uma das quatro unidades temáticas da disciplina. Esse instrumento utilizado para a obtenção de dados foi constituído de quatro a cinco questões com alguns itens tratando dos fenômenos químicos abordados nessa disciplina; ii) categorização das respostas apresentadas pelos estudantes nas explicações dos fenômenos questionados; iii) agrupamento das adequações e inadequações das diferentes explicações para os fenômenos químicos; e iv) análise e discussão do enredamento conceitual apresentado nas explicações destes.

A literatura referente à didática das ciências nos reporta para resultados de pesquisas em ensino de química que apontam para o fato de que o estudante que resolve problemas padrões necessariamente não tenha adquirido um entendimento do conhecimento de química que lhe permita

aplicar satisfatoriamente determinados conceitos em situações não abordadas previamente. Outra questão marcante é de que os estudantes possuem grandes dificuldades em relacionar conceitos em um arcabouço teórico coerente com o conhecimento científico, há dificuldades conceituais que não podem ser superadas apenas pelo ensino e que ao final de uma disciplina alguns estudantes sabem manusear representações algébricas e expressões, mas isso não implica que os estudantes possam conectar os conceitos bem como não significa que os conceitos estejam disponíveis para serem utilizados em outras situações.

Identificamos que estes estudantes apresentam dificuldades desta natureza ao explicarem os fenômenos a nível microscópico, onde apresentam na maioria dos casos explicações que não dão conta dos conteúdos estabelecidos cientificamente. A maioria das explicações reproduz rótulos e máximas, sendo assim, apresentam concepções alternativas incoerentes e longe da explicação científica.

Em suma, pode-se inferir que este inventário das concepções alternativas manifestas por estudantes universitários para os conteúdos disciplinares de Química Geral se fez necessário visto a importância de que estas concepções sejam divulgadas e discutidas com os professores que lecionam nessa disciplina para que estas possam ser utilizadas como estratégia para a proposição pedagógica em sala de aula, visto a forte resistência a uma mudança conceitual que estas desencadeiam, provocando dificuldades para uma aprendizagem efetivamente significativa.

Sumário

Introdução.....	10
Organização da Ação Investigativa.....	14
Estrutura da Dissertação.....	19
Concepções Alternativas de Calouros de Química para os Estados de Agregação da Matéria, a Solubilidade e a Expansão Térmica do Ar.....	21
Introdução.....	22
Metodologia.....	26
Resultados e Discussões.....	28
Conclusões.....	38
Referências Bibliográficas.....	39
Concepções Alternativas de Calouros de Química para os conceitos de Termodinâmica e Equilíbrio Químico.....	41
Introdução.....	42
Metodologia.....	45
Resultados e Comentários.....	47
Conclusões.....	58
Referências Bibliográficas.....	59
Concepções Alternativas de calouros de Química para as Teorias Ácido – Base.....	61
Introdução.....	61
Metodologia.....	63
Resultados e Comentários.....	64
Conclusões.....	72
Referências Bibliográficas.....	72
A classificação ácido - base e a razão entre concentrações de substâncias segundo calouros universitários.....	75
Introdução.....	75
Metodologia.....	77
Resultados e Comentários.....	78
Conclusões.....	86
Referências Bibliográficas.....	87
Concepções Alternativas de calouros de Química para a Expansão Térmica do Ar.....	89
Introdução.....	89
Metodologia.....	89
Resultados e Comentários.....	89
Conclusões.....	91
Referências Bibliográficas.....	92

Concepções Alternativas de Estudantes Universitários sobre Reações de Oxirredução.....	93
Introdução.....	93
Metodologia.....	95
Resultados e Comentários.....	96
Conclusões.....	102
Referências Bibliográficas.....	103
Conclusões Gerais.....	105
Referências.....	111
Anexos.....	113

Índice de Tabelas

Concepções alternativas de calouros de química para os estados de agregação da matéria, a solubilidade e a expansão térmica do ar.

Tabela 1 - Análise das representações dos estudantes quanto à molécula de água pura nos três estados físicos.....	31
Tabela 2 - Análise das inadequações freqüentes para os estados físicos.....	31
Tabela 3 – Teorias expressas pelos sujeitos para justificar o enchimento do balão.....	34

Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico.

Tabela 1 - Síntese das representações dos estudantes sobre a reação de 1 mol de hidrogênio gasoso e 1 mol de iodo gasoso.....	48
Tabela 2 - Categorias para a explicação do comportamento das moléculas frente a uma alteração no estado de equilíbrio.....	51
Tabela 3 - Análise do estado de equilíbrio t_{eq1}	52
Tabela 4 - Análise do estado de equilíbrio t_{eq2}	53
Tabela 5 - Análise da questão 4 (a.1).....	56
Tabela 6 - Análise da questão 4 (a.2).....	56

Concepções alternativas de calouros de química para as teorias ácido - base

Tabela 1 - Categorias mais recorrentes nas explicações da questão 1.....	65
Tabela 2 - Categorias mais recorrentes nas explicações da questão 2.....	68

A classificação ácido - base e a razão entre as concentrações de substâncias segundo calouros universitários

Tabela 1 - Classificação das substâncias quanto ao caráter, ácido básico ou neutro segundo calouros universitários investigados.....	79
Tabela 2 - Síntese das categorias recorrentes na representação da razão entre as concentrações de íons H_3O^+ no par de substância: vinagre e ácido de bateria.....	83
Tabela 3 - Síntese das categorias recorrentes na representação da razão entre as concentrações de íons H_3O^+ no par de substância: água mineral com gás e leite de vaca.....	85
Tabela 4 - Síntese das categorias recorrentes na representação da razão entre as concentrações de íons H_3O^+ no par de substâncias: Limpador com amônia / Leite de vaca.....	86

Concepções alternativas de calouros de química para a expansão térmica do ar.

Tabela 1 - Síntese das teorias mais recorrentes expressas pelos sujeitos para justificar o enchimento do balão.....	90
---	----

Concepções de estudantes universitários sobre reações de oxirredução

Tabela 1 - Tabela 1: Respostas dos estudantes quanto ao número de oxidação Sn, Cl, H e O.....	97
Tabela 2 - Conjunto das Inadequações.....	97
Tabela 3: Categorias de respostas expressas pelos estudantes para a espécie oxidada.....	100
Tabela 4: Categorias de respostas expressas pelos estudantes para a espécie reduzida.....	101
Tabela 5: Síntese do conjunto de respostas das espécies oxidada e reduzida.....	102

Índice de Figuras

Concepções alternativas de calouros de química para os estados de agregação da matéria, a solubilidade e a expansão térmica do ar.

Figura 1 - Representação classificada como unidade.....29

Figura 2 - Representação classificada como coleção.....29

Figura 3 - Exemplos de conjunto de representações inadequadas.....32

Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico.

Figura 1 - Exemplo de inadequação e adequação do estado atômico molecular no estado de equilíbrio.....49

Figura 2 - Exemplos de inadequações na representação do equilíbrio.....54

Concepções alternativas de calouros de química para a expansão térmica do ar.

Figura 1 - Exemplos de representações dos estudantes para o enchimento do balão.....91

INTRODUÇÃO

A investigação sobre as concepções alternativas dos estudantes para os conhecimentos científicos é uma das principais ênfases das pesquisas realizadas no âmbito da educação em 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).

A partir de 1970, surgiu um grande número de estudos na literatura preocupados especificamente com as idéias dos estudantes sobre os diversos conceitos científicos. A partir de então, sobretudo na década seguinte foi-se proliferando investigações visando diagnosticar, em profundidade, a compreensão conceitual alternativa dos estudantes antes, durante e depois do ensino formal (Santos, 1991). Em nosso estudo, é considerado como concepção alternativa dos estudantes aquele conhecimento que é inconsistente ou diferente daquele aceito pela comunidade científica e que torna o aluno incapaz de explicar adequadamente as observações dos fenômenos científicos.

Segundo Giordan e De Vecchi (1996) as diferentes denominações utilizadas para os conhecimentos que os estudantes têm sobre os objetos de estudos das ciências naturais inicialmente chamadas de pré-concepções, concepções espontâneas, ciência dos jovens, idéias intuitivas, erros conceituais, concepções errôneas, atribuindo-lhes uma conotação negativa, enfim há uma variedade de termos e em função disso resolvemos adotar a terminologia seguida por Santos (1991): *“Concepção, porque nos referimos a representações pessoais, de raiz afetiva, mais ou menos espontâneas, mais ou menos dependentes do contexto, mais ou menos solidárias de uma estrutura e que são compartilhadas por grupos de alunos; Alternativa, para reforçar a idéia de que tais concepções não têm estatuto de conceitos científicos, que diferem significativamente destes, quer a nível de produto quer a nível de processo de construção e que funcionam, para o aluno, como alternativa aos conceitos científicos (teoria/prática) correspondentes.”* (p.96)

É importante salientar que alguns estudantes, ao utilizarem suas concepções, acreditam estar explicando adequadamente as experiências e observações, pois lhes parece lógicas e de acordo com seu entendimento do

mundo, apesar delas serem diferentes das cientificamente aceitas. Isso constitui uma barreira para a aprendizagem. As concepções alternativas não são restritas somente às crianças, os adultos também as apresentam. As pesquisas sobre este tema têm mostrado que elas influenciam significativamente o processo de ensino/aprendizagem.

Muitas dessas idéias persistem firmemente, tornando-se uma forma diferente 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 fazem de conceitos anteriormente ensinados. Algumas vezes, o estudante dará sentido àquilo que lhe é apresentado, mas em outras ocasiões os estudantes farão o seu próprio sentido, 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.

Carrascosa (2005) discute as causas mais importantes que, relacionam-se com a origem e a persistência das concepções alternativas. Segundo o autor as principais causas são: a) a influência das experiências físicas cotidianas; b) a influência da linguagem cotidiana que usamos no nosso dia-a-dia, nas nossas relações interpessoais, como também da linguagem dos meios de comunicação; c) a existência de graves erros conceituais em alguns livros didáticos; d) as idéias alternativas dos professores; e) a utilização de estratégias de ensino e metodologias de trabalho pouco adequadas.

A influência das experiências físicas cotidianas realizadas de forma acrítica, reforça as concepções e dificulta os processos para mudá-las. É também na influência de diversas formas seja verbal, visual e escrita que os estudantes se apropriam da linguagem do cotidiano, das linguagens dos livros, e sendo esta linguagem do cotidiano, diversos termos têm um significado

diferente daquele que a ciência lhe atribui. Com isso, possivelmente os estudantes ao estudarem esses termos sem uma devida orientação, poderão transferir o significado do cotidiano para o conhecimento científico.

Outra preocupação e provável fator da origem e manutenção das concepções alternativas se dá também em relação à estruturação dos manuais didáticos. Nesses, os conceitos aparecem como algo pronto, com informações incompletas e, às vezes, constituem graves erros conceituais. Além disso, algumas figuras ou ilustrações apresentadas em manuais didáticos podem levar os estudantes a construir concepções equivocadas, em relação às explicações científicas.

As estratégias metodológicas e pedagógicas utilizadas nos processos de ensino e aprendizagem constituem também uma das causas da origem e persistência das concepções alternativas. Têm-se investigações que corroboram que muitas das concepções alternativas são reforçadas quando os professores não organizam estratégias para questioná-las, uma vez que possivelmente têm visão limitada acerca delas, isto é, o domínio do conhecimento científico pelos professores não é suficiente, o que indica que eles precisam de uma adequada formação didática para trabalhar as concepções alternativas dos estudantes. (Lima, *et al.*, 2005; Rosa e Schnetzler, 2003)

É interessante verificar, como indica Taber (2000), que as concepções alternativas têm sido descritas nas diferentes áreas científicas e vêm sendo evidenciadas 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 considerar 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.

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). As concepções alternativas mais significativas são descritas e discutidas em relação às implicações para o ensino de química. Essas questões apontam para a necessidade de uma mudança nas estratégias de ensino. Há uma necessidade de rever como são ensinados os conceitos básicos de química, a fim de ajudar os alunos a desenvolverem as visões básicas, exigidas para um progresso mais profundo do entendimento químico.

Frente às crescentes investigações didáticas nos últimos anos, observou-se que as respostas dadas pelos estudantes são semelhantes em diferentes contextos, ou seja, os estudantes desses diferentes contextos, por vezes, compartilham das mesmas idéias sobre os fenômenos. Assim, no campo das pesquisas sobre as concepções alternativas, observamos que 70% dos estudos são referentes a conhecimentos da Física, 20% da Biologia e só 10% da Química (Garriz; Trinidad-Velasco, 2003). Sobre os conteúdos de Química, os estudos preocupam-se basicamente com a mudança química e as reações; as partículas como átomos e moléculas; o equilíbrio químico; os modelos e representações de reações químicas; os ácidos e as bases; eletroquímica; entre outros e principalmente com investigações no ensino médio.

Portanto, investigações desta natureza são essenciais nos processos de ensino e aprendizagem. Deste modo diagnosticar a natureza das concepções alternativas e suas possíveis origens constituem elementos importantes para que o professor reflita sobre o papel dessas concepções nas situações de aprendizagem dos estudantes.

Este trabalho de dissertação tem como objetivo, portanto, averiguar as concepções alternativas ao conhecimento científico que calouros principalmente no curso de Química e chamar a atenção para a importância delas serem consideradas na atividade docente; não apenas identificá-las, mas organizá-las no contexto das atividades com uma determinada intenção.

Organização da ação investigativa

A Pesquisa

Esta é uma investigação com uma abordagem de cunho qualitativo e exploratório, que busca no conteúdo de registros escritos informações acerca da natureza da organização e seleção de conceitos fundamentais à Química Geral com o objetivo de inventariar as concepções alternativas ao conhecimento científico expressas por estudantes universitários que cursam a disciplina de Química Geral Teórica no Departamento de Química Inorgânica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

As primeiras ações para a concretização dessa pesquisa iniciaram-se na graduação a partir do projeto “A linguagem química no ensino superior” sendo integrado por três pesquisadores da área de educação química do Instituto de química da UFRGS e eu desempenhando as atividades de pesquisa em iniciação científica. Nesse projeto tivemos o envolvimento de alguns professores que lecionavam Química Geral e a participação desses foi solicitada através de uma carta-convite (Anexo 1) onde eles foram convidados a elaborar uma estrutura polierárquica visando a enumeração e correlação dos principais conceitos recorrentes ao conhecimento de Química Geral no ensino superior e que indicassem os principais conhecimentos necessários a um bom entendimento de Química Geral e de que forma estes se inter-relacionavam. Posteriormente alguns desses professores foram convidados a realizar uma entrevista semi-estruturada (Anexo 2) que objetivou aclarar nosso entendimento sobre suas representações e conseqüentemente suas percepções em relação a seleção e a ordenação conceitual, a influência da linguagem na química, os aspectos pedagógicos, entre outros (Silva, *et al.*, 2003).

Dessa forma, desse primeiro contato com os professores evidenciamos além das dificuldades na sistematização da integração conceitual alguns apontamentos acerca dos principais equívocos encontradas em alunos ingressantes no curso universitário.

Nessa investigação supracitada sobre a organização conceitual na disciplina de Química Geral evidenciamos nas falas dos professores os problemas enfrentados pelos estudantes, no início do curso de química e deste

diálogo com os professores e do levantamento sobre a repetência e evasão nesta disciplina (Anexo 3) surge o interesse de investigar as concepções alternativas ao conhecimento científico manifestas pelos estudantes em início de curso e a partir dessa base solidifica-se a presente pesquisa de mestrado.

As pesquisas sobre concepções alternativas têm sido interpretadas e valorizadas num paradigma construtivista de aprendizado no qual os estudantes constroem ativamente novos significados usando seu próprio quadro conceitual para interpretar novas informações no intuito de dar sentido a elas. Através de revisão bibliográfica nos principais periódicos no âmbito da pesquisa em educação em ciências, obtivemos levantamento dos principais temas e conceitos químicos investigados.

A partir dessa revisão bibliográfica elucidamos algumas das principais concepções alternativas e constatamos que no nível superior essas investigações são mínimas quando comparadas às desenvolvidas no ensino médio. Realizou-se levantamento dos índices de evasão e repetência na disciplina de Química Geral no IQ-UFRGS e em outras IES no Brasil e dos recortes das entrevistas dos professores sobre as percepções destes sobre a organização e seleção conceitual na disciplina propusemos uma reunião com os professores onde apresentamos o projeto de pesquisa e a autorização para investigação em sala de aula.

Tendo em vista, os dados extraídos da revisão bibliográfica constatamos que as principais investigações destinam-se ao estudo das transformações químicas, equilíbrio químico, estrutura da matéria e soluções. Desta forma, reunimos o grupo de educadores da área de educação química e levando em consideração os conceitos estudados no decorrer das quatro unidades conceituais propostas na disciplina de Química Geral e da revisão bibliográfica realizada agrupamos essas informações e organizamos as questões dos pré-testes. A composição das questões deu-se mediante a adaptação de questões de outras investigações no que tange os conceitos mais abordados e para os conceitos menos explorados nas investigações formulamos questões inéditas buscando a compreensão dos estudantes sobre a natureza e estrutura dos conceitos químicos. Essas questões foram validadas pelos professores que lecionavam na disciplina.

Com a aplicação deste pré-teste os estudantes puderam expressar o que pensam sobre o assunto abordado e não simplesmente se preocupar em assinalar alternativas, como “falso ou verdadeiro”, “sim ou não”, sem a justificativa prévia dessa escolha. A aplicação do instrumento de pesquisa foi realizada antes do início de cada uma das quatro unidades conceituais. Juntamente com o professor da turma, solicitamos a colaboração dos estudantes e exaltamos a importância de que respondessem com suas próprias palavras aquilo que soubessem, pois assim estariam colaborando com uma pesquisa em ensino de ciências. Os estudantes, em sua grande maioria responderam a todas as questões.

A pesquisa foi realizada em três turmas de Química Geral Teórica vigentes no semestre 2005/1, contabilizando 66 estudantes do curso de Química (licenciatura, bacharelado e industrial), 46 estudantes da Engenharia Química, 17 estudantes da Engenharia de Materiais e 1 estudante do curso de Geologia, totalizando 130 estudantes matriculados. Destes, 30,77% dos estudantes (40 estudantes) já haviam cursado a disciplina anteriormente.

Essa pesquisa procura conhecer as concepções alternativas mais recorrentes utilizadas por estudantes universitários quando indagados sobre fenômenos que abarcam conceitos químicos, ou seja, como os relacionam aos aspectos macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos relativos a determinados fenômenos.

Com a utilização deste pré-teste essa pesquisa assume um caráter qualitativo, pois vai estar diretamente ligada ao conteúdo do pensamento do estudante, que é o que temos interesse de tornar explícito. Tentamos destacar, através dessas formas de expressão, os elementos que caracterizam o que o estudante está pensando. Assim, analisamos os tipos de respostas qualitativamente, não nos fixando somente quantitativamente com o número de alunos que responderam ou não, adequado ou inadequado. Cabe esclarecer que em nosso trabalho não descartamos a análise quantitativa das respostas dadas pelos estudantes, pois esse tipo de análise é muito útil para nos situarmos frente aos resultados apresentados para uma dada questão. Sendo assim, consideramos que o questionário (pré-teste) é um dos instrumentos decisivos para estudar os processos e produtos nos quais está interessado o investigador qualitativo, pois quaisquer dúvidas que possam surgir sobre o

conteúdo das respostas dos estudantes podemos voltar ao material e consultá-lo quantas vezes se fizer necessário.

Os instrumentos para obtenção dos dados estão apresentados nos anexos 4 a 7.

Metodologia

O material foi analisado com a preocupação de compreender e dar sentido às explicações dos alunos aos problemas apresentados por escrito. Para a análise desse material, utilizou-se a metodologia de Análise de conteúdo das respostas escritas, muito utilizada em pesquisas com dados qualitativos (Lüdke e André, 1986). A análise qualitativa dos dados obtidos das expressões dos estudantes deu-se por intermédio da classificação e interpretação das informações com a construção de categorias significativas (Pacca e Villani, 1990).

Em nossa análise, buscamos primeiramente a organização dos dados extraídos das respostas dos estudantes e assim lemos os pré-testes até chegarmos a uma primeira noção de respostas semelhantes procurando compreender e dar sentido às explicações dos estudantes. Para nós foi fundamental levar em consideração todas as informações fornecidas pelos estudantes, sem classificá-las como certas ou erradas, pois dessa maneira deixou-se de classificar como erro uma resposta que não estivesse de acordo com a visão cientificamente aceita, mas considerando-a como uma explicação alternativa.

Após digitalização de todas as respostas dos estudantes às vinte e uma questões reunidas em quatro pré-testes iniciados com 130 estudantes respondentes, seguidos por 124 no segundo, 116 no terceiro e finalizando com 89 estudantes respondentes ao quarto pré-teste nossas categorias de análise foram elaboradas através da extração do conteúdo de nosso interesse, contido nas informações dadas pelos estudantes em suas respostas; na forma de texto ou representações, quando essas informações eram comparadas à química oficialmente aceita, mostravam um afastamento e uma significação muito particular. Do estabelecimento dos dados coletados e organizados, buscou-se subsídios para verificar nossa hipótese com a construção de categorias. Deste

modo, as categorias inicialmente criadas se aproximavam muito dos dados brutos sendo assim sentimos a necessidade de aproximá-las de nossas hipóteses interpretativas.

Seguimos com o agrupamento das respostas em grandes categorias em função da ênfase dada a determinado conceito ou conjunto de conceitos. As categorias surgiram em função da frequência de ocorrência dos conceitos; num segundo momento surge a necessidade de desagrupar algumas categorias e subdividi-las em outras. Alguns conceitos foram combinados entre si para indicar que estavam relacionados, isto é, foi feita uma coordenação no momento da categorização em função das respostas mais enfatizadas apresentadas pelos estudantes, neste momento não se atribuiu juízo de valor às respostas. A categorização é um processo que facilita a manipulação dos dados e a análise dos mesmos. Após a inserção de todas as respostas dadas à questão essas categorias foram organizadas percentualmente.

As respostas, no conjunto, pareciam muito semelhantes se analisadas como simples erros, mas, ao longo da análise, percebeu-se várias diferenças, principalmente nos elementos utilizados e em suas relações nas explicações. Também percebemos que os discursos alternativos apresentam certas características que podem ser generalizadas e são fundamentais para o entendimento de como o estudante constrói o conhecimento nessa área científica; uma delas é a questão da ambigüidade dos termos utilizados e a especificidade dos conceitos. Isso permite a construção de diferentes categorias, de acordo com a hipótese interpretativa dos pesquisadores (Pacca e Villani, 1990).

A seguir mostraremos a estrutura da dissertação e nessa apresentaremos os artigos elaborados. No escopo da dissertação optamos por reduzir o número de questões, visto o número grande dessas, ou seja, vinte e uma questões. A análise dos dados reuniu um número menor de questões, sendo que estas abarcavam uma maior diversidade de explicações e/ou representações e atendessem por completo o solicitado no enunciado da questão.

A Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada na forma de seis artigos, sendo quatro já publicados em diferentes eventos ocorridos na área de educação química e/ou ciências. Os demais artigos do corpo desta dissertação são provenientes dos resultados obtidos e serão aqui apresentados para posteriormente serem ampliados e divulgados.

O primeiro artigo publicado e que compõe a dissertação foi apresentado oralmente em seção coordenada do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), ocorrido em novembro de 2007, na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, cujo título foi *Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de Termodinâmica e Equilíbrio Químico*. Nesse trabalho, investigamos as concepções alternativas que os calouros universitários apresentam em problemas com lápis e papel sobre os conceitos abordados na primeira unidade conceitual da disciplina de Química Geral.

O segundo artigo publicado nos anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) e apresentado oralmente com o título: *Concepções alternativas de calouros de química para as teorias ácido-base*, ocorreu em julho de 2008 na Universidade Federal do Paraná - UFPR. Nessa investigação abordamos parte dos resultados referentes à terceira unidade conceitual: Equilíbrio Iônico, onde as teorias ácido-base e suas inter-relações perpassavam fortemente por toda a unidade estudada. Evidenciamos nas explicações alternativas ao conhecimento científico dos estudantes universitários inadequações e insuficiências nas articulações conceituais estabelecidas para elucidar as explicações às questões do pré-teste, sendo essas corroboradas pela permanência das concepções alternativas mesmo depois de estudos básicos na graduação.

Nesta mesma linha, o artigo publicado nos anais do 28º Encontro de Debates sobre o ensino de Química (EDEQ) promovido pela Universidade Luterana do Brasil- ULBRA - em outubro de 2008 e apresentado oralmente: *A classificação ácido-base e a razão entre concentrações de substâncias segundo calouros universitários* deu-se prosseguimento do recenseamento das concepções alternativas ao conhecimento científico de calouros universitários

sobre Equilíbrio Iônico, tais como o comportamento de substâncias em soluções aquosas revelando seu caráter ácido, básico ou neutro sendo possível evidenciar as insuficiências nas articulações conceituais estabelecidas pelos calouros para elucidar as explicações às questões do pré-teste e muitas vezes apenas se valendo de rótulos ou máximas, que revelam o não entendimento de determinado fenômeno.

Também publicamos nos anais do XVI Encontro de Química da Região Sul (SBQ Sul) realizado na Universidade Regional de Blumenau – FURB em novembro de 2008 o trabalho: *Concepções alternativas de calouros de Química sobre a expansão térmica do ar*, apresentado oralmente e na forma de painel, onde enfatizamos uma questão do pré-teste da primeira unidade e que diagnosticava as concepções dos estudantes a partir da elaboração de uma representação e da justificativa para a expansão térmica do ar. Nessa questão, percebemos as concepções alternativas manifestas pelos calouros a respeito do fenômeno em questão.

Os demais artigos que constam no corpo da dissertação serão posteriormente ampliados e encaminhados para periódicos no campo da educação em ciências e/ou química.

O artigo intitulado: *Concepções Alternativas de calouros de química para os estados de agregação da matéria, a solubilidade e a expansão térmica do ar* retrata parte dos conceitos abordados na primeira área conceitual da disciplina de Química Geral Teórica e revelam as dificuldades de representação e justificativa a nível atômico molecular para os fenômenos questionados.

E em *Concepções de estudantes universitários sobre reações de oxirredução* enfatizamos uma das quatro questões do pré-teste da última unidade conceitual da disciplina de Química Geral Teórica que aborda o tema eletroquímica. Analisamos as interpretações que os estudantes dão às reações de oxirredução e verificamos uma diversidade de representações na identificação das espécies envolvidas nestas reações, além de insuficiências conceituais na elucidação das respostas.

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.

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 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 Benlloch (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



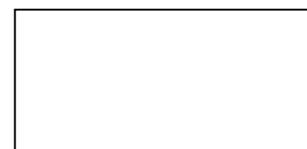
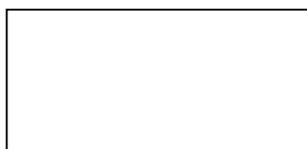
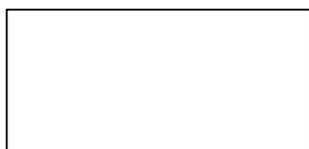
a) Desenhe, abaixo, como se encontram as espécies nas seguintes soluções:

Açúcar em água:

Cloreto de sódio em água:

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

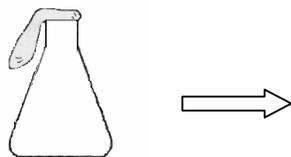
2) a) Usando o símbolo “○” para a molécula de água, represente a água pura nos estados sólido, líquido e gasoso:



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.

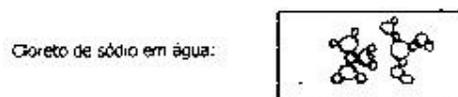
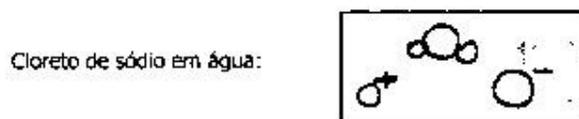
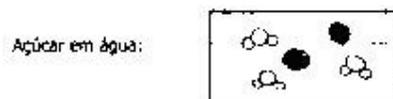
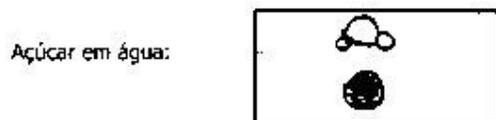


Figura 1 – Representação classificada como unidade.

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].
- b) “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].
- c) “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].
- d) “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 freqüentes 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 (39)	Representação parcial das moléculas	6	15,4
	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.

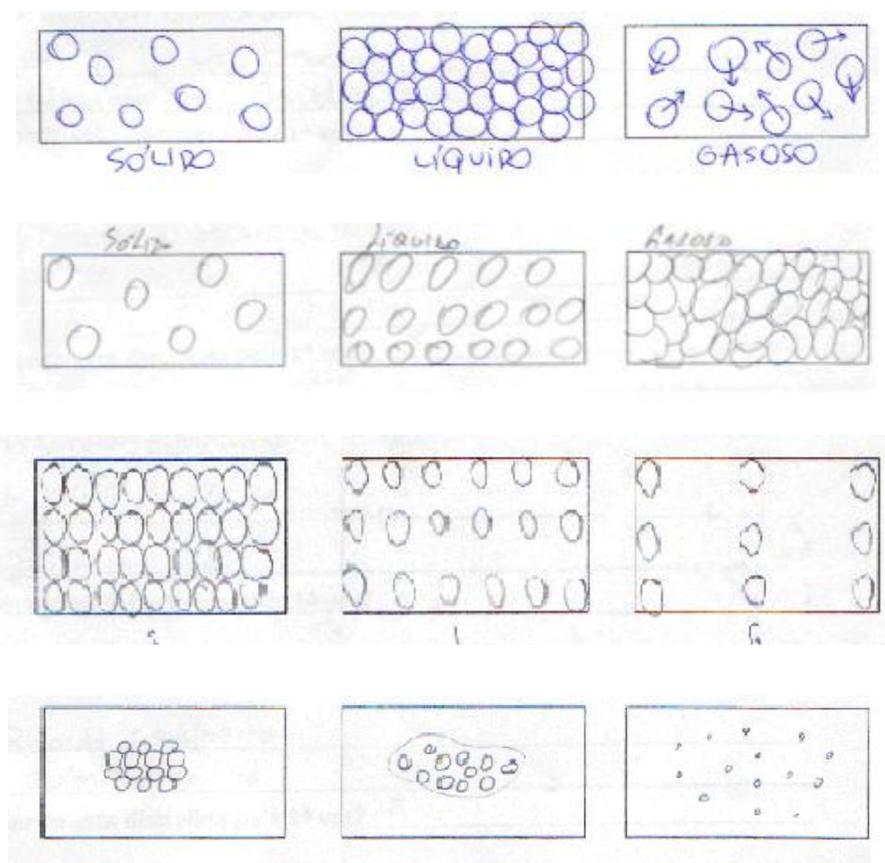


Figura 3 – Exemplos de conjunto de representações inadequadas.

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 justificção 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:

- a) “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].

- b) “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].
- c) “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].
- d) “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.

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

CHEMISTRY STUDENTS' ALTERNATIVE CONCEPTIONS OF THERMODYNAMICS AND CHEMICAL EQUILIBRIUM.

(Texto apresentado e publicado nos anais do VI ENPEC)

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-se 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; Benlloch, 1993), realizadas principalmente na Europa, evidenciaram o fato de que a solução de problemas padrões (bem estruturados e em forma algorítmica) não ensina 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 a 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 desses 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 desses conceitos descrevendo e comparando os possíveis sentidos conferidos às explicações dos diferentes fenômenos químicos; pois essas 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 OO) e 1 mol de iodo gasoso (representado por $\text{●}\text{●}$):

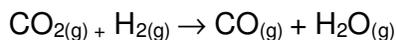
- Escreva a equação química para a reação que ocorre entre esses dois gases.
- Fazer representação atômico-molecular das espécies no estado de equilíbrio para essa reação.



2) A reação química do problema 1 é exotérmica e seu K_c , a 25°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:

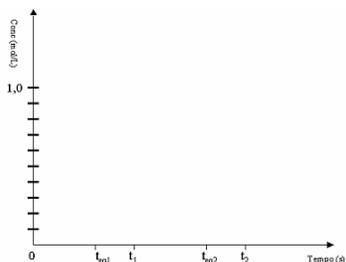
- Que cor será observada no recipiente quando o estado de equilíbrio for atingido?
- 1) O que se pode prever sobre a cor e o comportamento das moléculas se o recipiente da mistura em equilíbrio for colocado em um lugar mais quente?
- 2) Por quê?

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.

- 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 $\text{CO}_2(\text{g})$. Represente qualitativamente, no mesmo gráfico acima, o que ocorrerá com as concentrações das espécies químicas, até um instante t_2 após o tempo ($t_{\text{eq}2}$) em que o sistema atinge um novo estado de equilíbrio.

4) Dois cubos de gelo foram colocados em um copo com água a 25°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	26	42	34,15
	2ª	14		
$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightarrow 2 HI_{(g)}$	1ª	17	30	24,39
	2ª	13		
$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightarrow 2 HI$	1ª	11	17	13,82
	2ª	6		
$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2 HI$	1ª	10	12	9,76
	2ª	2		
$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightleftharpoons 2 HI_{(g)}$	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	-		
$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightarrow H_2 I_{(g)}$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightarrow 2 HI_{(g)} \Delta H < 0$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightarrow 2 HI + "7aq"$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_2 + I_2 = H_2 I_2$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$2H + 2I \rightarrow 2 HI$	1ª	1	1	0,81
	2ª	-		
$H_{2(g)} + I_{(g)} \rightarrow HI_{(g)}$	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.

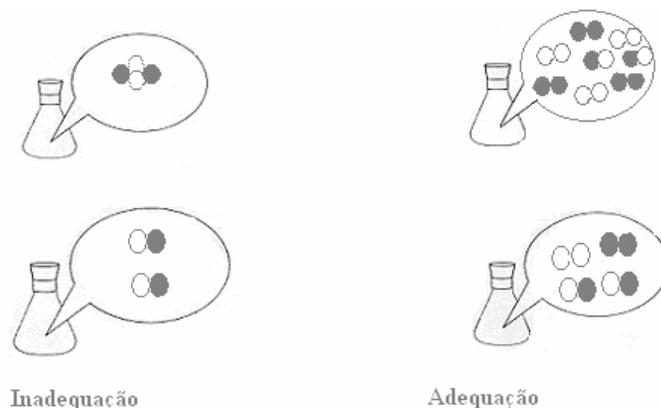


Figura 1: Exemplo de inadequação e adequação do estado atômico-molecular no estado de equilíbrio.

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. Destes, 32,52% responderam adequadamente que a cor no sistema estaria numa faixa intermediária entre o incolor e o violáceo. 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”. Esses estudantes concebem que no equilíbrio nem todo o iodo molecular foi consumido.

Tendo em vista que 51,22% dos estudantes tenham respondido 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	%
		1ºvez	2ºvez		
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	Deslocamento do equilíbrio para reagentes	26	8	34	27,64
	Deslocamento do equilíbrio para produtos	7	2	9	7,32
	Outras explicações	6	4	10	8,13
Categoria 1 e 2		19	6	25	20,32
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 representação 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. Desse 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}

	Representação das espécies químicas no Estado de Equilíbrio t_{eq1}			
	<i>Sim</i>		<i>Não</i>	
	1ª vez	2ª vez	1ª vez	2ª vez
Cursando a disciplina	1ª vez	2ª vez	1ª vez	2ª vez
CATEGORIAS				
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 concentração de dióxido de carbono observa-se 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} .

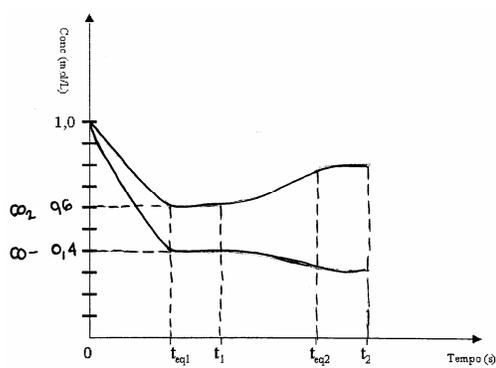
Tabela 4: Análise do estado de equilíbrio t_{eq2}

Cursando a disciplina	Representação das espécies químicas no Estado de Equilíbrio t_{eq2}			
	<i>Sim</i>		<i>Não</i>	
CATEGORIAS	1ª vez	2ª vez	1ª vez	2ª vez
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				

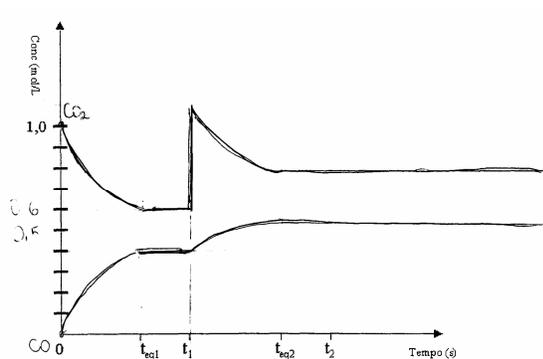
As principais inadequações apresentadas pelos estudantes na representação dos equilíbrios estão relacionadas às dificuldades de entendimento das alterações no deslocamento do equilíbrio, que nesta questão refere-se ao aumento da concentração dos reagentes, favorecendo a formação do produto. Argumentamos 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.

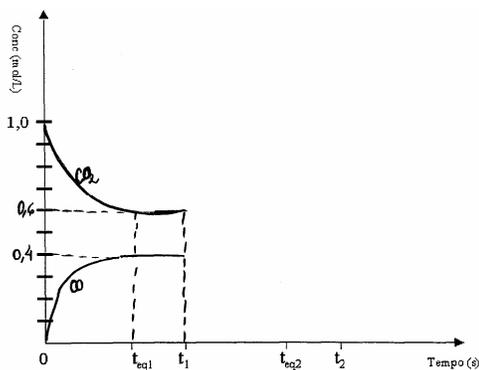
A representação (a) permite-nos inferir que alguns estudantes não compreendem a idéia de reação na qual logo que uma interação entre reagentes é promovida uma quantidade proporcional de produto é formada e esse torna a dar origem ao reagente, coexistindo no equilíbrio reagentes e produtos. A representação (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.



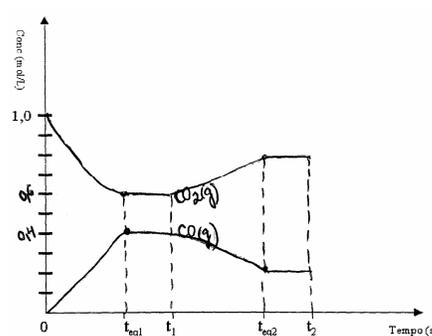
(a)



(b)



(c)



(d)

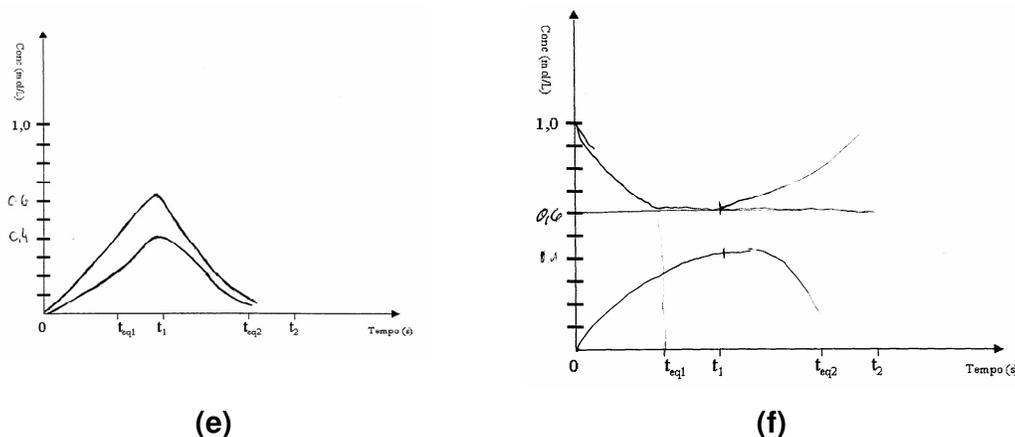


Figura 2: Exemplos de inadequações na representação do equilíbrio.

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 concebe 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 H₂O 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 factual e/ou conceitual 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, n°1, 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, n°6, 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.

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE CALOUROS DE QUÍMICA PARA AS TEORIAS ÁCIDO-BASE

(Texto apresentado e publicado nos anais do XIV ENEQ)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo inventariar as concepções de universitários que cursam a disciplina Química Geral Teórica na UFRGS e analisar as concepções desses estudantes sobre os conceitos fundamentais dessa área de conhecimento. A disciplina de Química Geral é composta de oito áreas conceituais, inseridas em quatro unidades. Para o presente trabalho, aborda-se parte dos resultados referentes à terceira unidade conceitual: Equilíbrio Iônico, onde as teorias ácido-base e suas inter-relações perpassam fortemente toda a unidade estudada. Nas explicações alternativas ao conhecimento científico dos estudantes universitários evidenciamos inadequações e insuficiências nas articulações conceituais estabelecidas para elucidar as explicações às questões do pré-teste. Estas constatações vêm ao encontro de algumas pesquisas no âmbito da didática das ciências que corroboram a permanência das concepções alternativas mesmo depois de estudos básicos na graduação.

INTRODUÇÃO

Algumas pesquisas no âmbito das concepções alternativas (Cross *et. al*, 1986; Ross, B. e Munby, H.,1991 entre outros) indicam que o sucesso de estudantes em resolverem problemas padrões não implica que eles tenham adquirido um entendimento de química que lhes permitisse aplicar satisfatoriamente em relação as teorias de ácido e de bases em outras situações, não abordadas previamente. Outra questão marcante é a de que os estudantes possuem dificuldades em relacionar conceitos em um arcabouço teórico coerente (Silva *et. al*, 2005; 2007), o que sugere que há a necessidade de se procurar maneiras de ajudá-los no processo de criação de relações conceituais. Isso por que há dificuldades conceituais que não podem ser superadas apenas pelo ensino tradicional; por exemplo, ao final de uma

disciplina alguns estudantes até sabem utilizar representações algébricas e utilizarem definições formais de determinados conceitos, mas isso não garante que os estudantes possam conectar os conceitos e inter-relacioná-los, em modelos conceituais coerentes, ou seja, não significa que os conceitos estejam disponíveis para serem utilizados em outras situações.

Vários resultados de pesquisas em ensino de química (Mortimer, 1995; Furió, 1993; Machado e Aragão, 1996; Rogado, 2004 entre outros) têm apontado para o fato de que o ensino tradicional pouco tem ajudado na aquisição de conteúdos básicos, necessários para o aprendizado de conceitos fundamentais da química. Os alunos apresentam forte resistência à mudança conceitual, que pode ser entendida basicamente como a capacidade que o aluno tem de adquirir novos conceitos ou ampliar conceitos já apreendidos (Mortimer, 1996).

O ensino básico não tem conseguido contribuir de forma mais efetiva para mudanças nas concepções dos estudantes, sendo que na universidade o processo ocorre de forma semelhante (Silva *et. al*; 2005; 2007), mas com a agravante de que nos cursos de licenciatura estes serão os futuros professores. As investigações por nós já realizadas e supracitada somam-se a outras pesquisas que visam diagnosticar as principais concepções alternativas dos estudantes.

Um conceito fundamental na Química e pouco explorado nas investigações sobre concepções alternativas é o conceito de Equilíbrio Iônico, que alicerça, em conjunto com outros conceitos, a base de conhecimento da área de química analítica. No desenvolvimento desse conteúdo há a necessidade de entendimento das teorias ácido-base e suas inter-relações.

Segundo Chagas (1999), o comportamento ácido-base é conhecido de longa data. As teorias que se destinam a explicar tal comportamento das substâncias são baseadas em princípios bastante antigos e devem ser conhecidos e diferenciados por parte dos estudantes. Nessa perspectiva, Campos e Silva (1999) analisaram o conteúdo dos capítulos de livros didáticos do ensino médio que abordam o tema função inorgânica e apresentaram uma crítica da falta de coerência da visão dos autores sobre os conceitos ácido-base. Além disso, mostram incessantes classificações e regras de nomenclatura a que esse conteúdo é fadado. Igualmente, Lopes (1993)

investigou em livros didáticos do ensino médio os obstáculos substancialistas para as teorias ácido-base e sugere que há grande uniformidade na abordagem dessas teorias, de forma que os erros se repetem, sem maiores alterações. Segundo essa autora, os livros didáticos mantêm até hoje o mesmo tratamento para o tema. A presença do substancialismo se expressa na racionalização errônea, capaz de considerar as propriedades ácidas e básicas como intrínsecas, respectivamente, ao próton (H^+) e à hidroxila (OH^-) na molécula ou no agregado iônico.

Em pesquisas sobre concepções alternativas, compiladas por Barker (2000), os alunos foram submetidos a uma pergunta, em duas fases, que envolvia o ácido clorídrico, resumindo, os estudantes mostraram a noção de que “um ácido contém íons de hidrogênio”, é razoavelmente conhecida, porém, mesmo que os estudantes saibam que os ácidos “contêm íons de hidrogênio”, o comportamento químico dos ácidos, segundo Barker, parece ser difícil de ser explicado. Também foram constatadas algumas evidências de que as definições “ácido” e “base”, incluindo suas variantes, são idéias difíceis para os estudantes.

Algumas das evidências dessas pesquisas e suas estratégias sobre as concepções alternativas ao conhecimento científico para conceitos da teoria ácido-base servem de suporte para a análise dos dados que são apresentados neste artigo.

METODOLOGIA

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa maior que tem como objetivo inventariar as concepções alternativas ao conhecimento científico de estudantes universitários sobre conceitos fundamentais da química. A primeira ação para a concretização desta pesquisa foi o convite aos professores de Química Geral do Instituto de Química da UFRGS para discutir o grande índice de evasão e de repetência apresentados por essa disciplina (Silva *et. al*, 2003). 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, pois essa é disciplina introdutória aos conceitos químicos que serão aprofundados no decorrer do curso.

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 4 a 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 apresentaremos resultados das questões 1 e 2 do questionário da terceira unidade, sendo que o índice de evasão nessa unidade foi de 10,77%, totalizando 116 estudantes que responderam ao pré-teste envolvendo o conteúdo curricular: Equilíbrio Iônico, sendo as teorias de ácido-base fortemente exploradas nas questões que seguem abaixo:

Questão 1: Por que o pH da água pura, a 25°C, é 7,0, ou seja, por que a água é considerada uma substância neutra?

Questão 2: Na reação de HCl com H₂O, por que o HCl é considerado um ácido?

A metodologia para a análise das respostas dos estudantes às questões acima envolveu digitalização de todas as respostas, seguida do agrupamento dessas em grandes categorias, em função da ênfase dada a determinado termo, ou conjunto de termos, não se atribuindo, nesse momento qualquer juízo de valor às respostas. Após a inserção de todas as respostas dadas à questão, as categorias foram organizadas percentualmente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado das questões 1 e 2 do pré-teste serão apresentados e analisados a seguir:

Questão 1

A partir do enunciado da Questão 1 pretendíamos que os estudantes articulassem diversas relações conceituais, dentre as quais: i) a definição de pH como uma medida de concentração de íons H₃O⁺; ii) que essa medida de concentração fornece a indicação sobre o grau de acidez ou basicidade da água, estando essa a uma temperatura de 25°C e ; iii) a relação entre o número de íons hidrônio (hidroxônio) e hidróxido ser igual a : $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$. Então, pode-se definir o conceito de uma solução neutra, como aquela que contém a mesma concentração de íons hidrônio e íons hidroxila,

isto é, $[H_3O^+] = [OH^-]$. A utilização da notação $[H_3O^+] = [OH^-]$ para expressar a igualdade de concentração dos íons da água é a mais aconselhada, pois atualmente sabe-se que devido a sua reatividade é improvável encontrar o íon H^+ livre na solução. Ele reage com a água, segundo um processo exotérmico, formando o íon hidrônio (H_3O^+).

As categorias de resposta foram elaboradas em função dos conceitos mais recorrentes utilizados pelos estudantes que cursavam a disciplina de Química Geral Teórica. Na Tabela 1 estão sintetizadas as categorias evidenciadas.

Tabela 1: Categorias mais recorrentes nas explicações da questão 1

Categorias	Cursando a disciplina		%	Total
	1ª	2ª		
a- Igual quantidade de íons H^+ e OH^-	29	20	42,24	116
b- Igual concentração de íons H^+ e OH^-	12	10	18,96	
c- Igual concentração de íons H_3O^+ e OH^-	10	6	13,80	
d- Constituída por íons H^+ e OH^-	8	4	10,35	
e- Escala de pH	5	4	7,76	
f- Outras	4	2	5,17	
Não responderam	1	1	1,72	

A linguagem científica utilizada pelos estudantes, ao explanarem determinado fenômeno, na maioria das vezes, não está muito bem articulada conceitualmente, como podemos verificar na explicação: “Porque nessa temperatura e com pH 7 a água possui o mesmo número de íons H^+ e OH^- , característica de uma substância neutra”; “Porque ela libera H^+ e OH^- na mesma proporção”, entre outros, evidenciando-se uma inadequação do uso do vocabulário químico.

Nesse sentido, por vezes há uma atribuição de características inerentes às substâncias por parte dos estudantes, que segundo Lopes (1993) caracteriza-se como um obstáculo epistemológico substancialista. Percebemos

algumas diferenças quanto à apresentação da resposta considerada como adequada. Por exemplo, alguns estudantes utilizaram expressões como: “Porque a concentração dos íons H_3O^+ é igual à concentração dos íons OH^- ”, “pH neutro = 7 (nem ácida nem básica). As condições de OH^- e H_3O^+ se igualam, por isso é considerada neutra”, e em contrapartida outros estudantes utilizaram a expressão: “Porque a concentração de íons H^+ e OH^- é a mesma, ou seja, não tem caráter ácido nem básico”, ou “A água é considerada uma substância neutra porque as concentrações de H^+ e OH^- presentes são iguais. $[\text{H}^+][\text{OH}^-]=1 \times 10^{-14}$ - $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7}$ $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ ”.

Nessas expressões supracitadas, e que na Tabela 1 estão inseridas nos itens *b* e *c* respectivamente, os estudantes diferem quanto a notação dos íons H^+ e H_3O^+ . Poucos foram os estudantes que se fixaram ao detalhe de representação dos íons, tal como: “Porque ela possui a mesma concentração de OH^- e H^+ (ou H_3O^+)”. Entretanto, podemos compreender o sentido conferido à resposta dada pelos estudantes e também considerá-la suficientemente apropriada para explicar o valor de pH da água, considerando adequada a representação da forma hidratada do íon H^+ (item *b*).

Resumindo, podemos considerar que 85,35% das respostas dadas pelos estudantes levam em consideração que o caráter neutro da substância água, e conseqüentemente seu pH igualado a 7, dá-se pela igualdade dos íons, sendo o termo igualdade acompanhada ora pelos termos: “quantidade”, “concentração”, “constituída”. Entretanto, 7,76% dos estudantes utilizaram simplesmente a escala de pH para elucidarem suas explicações, tais como: “Nessas condições, o pH varia de 0 a 14 e a água tem pH=7, sendo assim considerada neutra”; “O pH é uma escala que mede se uma substância é ácida, neutra ou básica. A água como substância neutra foi tabelada com o pH=7”; “Por que a escala de pH vai de 1 a 14. Substâncias com pH inferior a 7 são consideradas de caráter ácido e substâncias com pH superior a 7 de caráter básico, ou seja, 7 é o meio termo entre o caráter ácido e o básico”.

Na tabela 1, categoria *f* estão inseridas aquelas explicações do fenômeno que estão desarticuladas do referencial conceitual em questão, por exemplo: “Porque não se dissocia”; “Porque toda reação de neutralização, ou seja, ácido + base, forma um sal e água, os dois neutros em pH”; “Porque a água a 25°C não tem caráter nem ácido, nem básico, pois não se dissocia em

H^+ e OH^- naturalmente e se dissociasse seria um anfótero”; “A faixa do pH entre 6 e 7,0 é neutra. A maioria dos compostos se solubiliza na água, é uma característica da água”. Nessa questão, em nenhuma das respostas dadas pelos estudantes foi feita a relação e/ou distinção da teoria ácido-base em que ele se apoiou para dar sua resposta. Um dado interessante, pois sabemos que os conceitos de ácido-base diferem em abrangência e significado conforme as sucessivas teorias. Possivelmente, os estudantes que utilizaram a notação H^+ e OH^- para representar a igualdade de concentração dos íons e conseqüentemente o caráter neutro da água vinculam essa resposta à teoria ácido-base de Arrhenius, tradicionalmente apresentada em manuais didáticos e utilizada pelo professor em sala de aula, onde ácido é toda substância que em água produz íons H^+ e base é aquela que produz OH^- . Na segunda questão analisada a seguir, fica claro as relações estabelecidas pelos estudantes e a defesa de uma ou outra teoria ácido-base. Cabe lembrar que é possível discutir o conceito ácido-base de modo articulado, inclusive favorecendo uma inter-relação conceitual entre eles.

Questão 2

A Questão 2 está articulada ao saber manifesto pelos estudantes na Questão 1. Na elucidação dessa questão esperava-se que os estudantes utilizassem seus conhecimentos sob a ótica das teorias ácido-base e, para não serem vulneráveis aos equívocos, apoiassem-se num intercruzamento conceitual entre elas, sendo esse um ponto primordial para adequada resposta à questão. Assim, uma vez que a Questão 2 solicitava a explicação para o HCl ser um ácido, o estudante deveria compor uma rede conceitual, onde necessariamente, o conhecimento de que a reação entre água e o cloreto de hidrogênio gasoso produz como íon positivo apenas o H_3O^+ (íon hidrônio). Todavia, sabe-se que o HCl é um ácido segundo as teorias ácido-base de Arrhenius, de Brønsted-Lowry e de Lewis, para citar aquelas mais utilizadas no ensino da química no nível médio de escolaridade.

De acordo com Atkins (2001), o conceito de base e ácidos foi debatido por muitos anos antes que surgissem definições mais desenvolvidas. Uma das primeiras foi a teoria ácido-base de Arrhenius: “um ácido é um composto que contém hidrogênio e reage com água para formar íons hidrogênio” (p. 105).

Para Brønsted- Lowry: “um ácido é um doador de prótons”(p.106). Por sua vez, para Lewis: “ácido é o receptor de um par de elétrons”(p.516). Atkins afirma que a teoria de Brønsted-Lowry é ainda aceita nos dias de hoje e a utiliza para discorrer sobre Ácidos e Bases. Para a reação entre HCl e água, Atkins descreve: “Quando uma molécula de ácido clorídrico dissolve-se¹ em água, ele doa um próton para uma molécula de água vizinha, e dizemos que ela fica deprotonada: $\text{HCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ ”. (p. 513). O autor faz uma caixa de texto explicando que a deprotonação significa perda de um próton e que o termo *ionizado* é, também, comumente usado em vez de *deprotonado*.

Geralmente, no ensino superior, os ácidos e bases são redefinidos sob o entendimento da teoria de Brønsted-Lowry, ampliando-se as definições de Arrhenius. Barker (2000) sugere que essa nova teoria confunde os alunos, pois segundo Hawkes (apud Barker, 2000): “É intrínseco da natureza humana aceitar as primeiras coisas que nos dizem, sendo difícil renunciar ou mudar essas idéias.”

Novamente, o procedimento de elaboração das categorias de respostas deu-se mediante a recorrência dos conceitos mais utilizados pelos estudantes para explicitar o fenômeno apontado na Questão 2. Como síntese desses resultados apresentamos a Tabela 2:

Tabela 2: Categorias mais recorrentes nas explicações da questão 2

Categorias	Nº de estudantes	%
1- Liberação do íon H ⁺	50	43,1
2- Dissociação (H ⁺ / H ₃ O ⁺)	12	10,34
3- Liberação de H ₃ O ⁺	11	9,48
4- Especificação das teorias ácido-base	19	16,38
5- Escala de pH	3	2,59
6- Concentração de íons H ⁺ / H ₃ O ⁺	5	4,31
7- Outras	12	10,34
Não responderam	4	3,45
Total de estudantes	116	

¹ Um provável equívoco de tradução, cuja alternativa mais precisa seria “Quando uma molécula de ácido clorídrico é dissolvida em água (...)”, evitando o obstáculo animista subjacente ao uso da voz passiva.

Conforme podemos verificar na tabela anterior a categoria 1 abarca 43,1% das respostas dos estudantes, que elucidaram que o caráter ácido do HCl se dá devido à liberação do íon H^+ . Essas respostas possuem como características frases breves e diretas, tais como: “Porque ele libera o íon H^+ ”; “Porque ao entrar em contato com a água libera íons H^+ ”; “Porque o HCl libera H^+ em solução tornando o pH ácido”

Assim como fizemos na Questão foi realizada a identificação dos estudantes que utilizaram nas suas respostas diferentes notações para o íon positivo (H^+ / H_3O^+), visto consolidar-se fator pontual de diferenciação de adequação entre um estudante que utilizou tal notação de outro que, por quaisquer motivos, não o fez. Sendo assim, é apresentada na categoria 3 a síntese de respostas dos estudantes que ao explicitarem do por que o HCl é um ácido utilizaram a notação do íon hidrônio, como podemos perceber: “O HCl é considerado um ácido porque quando é colocado em água ele libera íons H_3O^+ ”; “Libera H_3O^+ ”; “O HCl é considerado um ácido porque possui um $pH < 7$, ou seja, menor que o da água pura e na sua reação com a água libera íons $H_3O^+ + Cl^-$.”

A categoria 2 surge em função da recorrência desse conceito na explicitação de 10,34% dos estudantes, tais como : “Porque se dissocia formando íon H_3O^+ ”; “Pois seu pH é menor que 7 e com a sua dissociação em água formará íons H^+ e Cl^- ”; “Porque ele se dissocia em solução aquosa, liberando um hidrogênio ionizável e tornando a solução ácida”; “Pois na dissociação do HCl, tem a presença do íon H^+ que possui caráter ácido, baixando o pH e aproximando-o de zero”. Percebe-se em alguns manuais didáticos utilizados no ensino superior o uso indiferenciado dos termos ‘dissociação’ e ‘ionização’ na explicação de algumas reações ácidas ou básicas em meio aquoso. Por exemplo, Mahan (1995): “uma das importantes contribuições da teoria de dissociação iônica de Arrhenius foi explicar que os ácidos possuem forças diferentes [...] a força dos ácidos foi associada com o grau de dissociação dos mesmos: um ácido será tanto mais forte quanto maior for seu grau de dissociação (p.110)”. Mais adiante, ao descrever a definição de Brønsted - Lowry escreve: “Em conformidade com a nova definição, a ionização do HCl em água passou a ser descrita como sendo a doação de um próton para a água (p.111)”. Em contrapartida, Ebbing (1988) indica que: “[...] ácido

forte é um ácido que se ioniza completamente em água (p.92)”, enquanto Russel (1981) sugere que: “[...] o ácido clorídrico se dissocia.. [...] (p. 492)”. Essa constatação de não - homogeneidade na utilização dos conceitos dissociação e ionização, em alguns manuais didáticos, sugere a pertinência de certas discussões. Por exemplo, Schultz (1997), em um artigo cujo título é bastante propício: ‘*Ionization or Dissociation?*’ traz definições comuns em livros, na qual a dissociação ocorre principalmente com bases e sais, ou seja, com compostos que apresentem ligações iônicas enquanto ionização ocorre com compostos moleculares. Então, a utilização do termo ionização subjaz a idéia de que, ao dissolver em água, a substância reagiria ou interagiria com água formando íons, enquanto que a dissociação apenas separariam os íons. Desse ponto de vista, o uso de ionização frente à dissociação seria o mais apropriado para a elucidação da Questão 2, tal como no exposto por um único aluno: “O HCl é considerado um ácido pois quando em água sofre ionização, ou seja, as ligações entre H e Cl são quebradas e há hidrogênio livre (H^+) na solução”.

Na categoria 4, agrupamos todas as respostas que atribuiu o nome dos diferentes propositores das teorias ácido-base, não necessariamente construindo uma relação adequada teoria versus propositor, como podemos observar nos exemplos que seguem: “Porque ele se dissocia formando íons H^+ , que dá as características de ácido para uma substância. Obs.: depende qual conceito se está usando, no caso, conceito ácido-base de Lewis”; “Porque o HCl atua como ácido de Lewis (capacidade de doar 1 elétron) e a H_2O como base de Lewis (capacidade de receber 1 elétron)”; “O HCl, ao reagir com a água, libera seu próton, característica de ácidos pela teoria de Brønsted-Lowry. Pela teoria de Lewis, o HCl recebe os elétrons da H_2O , característica de ácidos por essa teoria. Já Arrhenius, HCl é ácido pois seu único cátion é H^+ ”; “Pelo conceito de Arrhenius o ácido (HCl) libera o próton H^+ ”; “ $HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$ - Pela reação ele doa o H^+ , sendo considerado um ácido de B. Lowry”.

Uma conduta observada, embora não solicitada, nas respostas dada à Questão 2 foi a representação da equação química da reação entre o ácido e água. Percebem-se algumas inadequações nas representações apresentadas, tais como: a não identificação do estado físico dos compostos, além da não utilização da seta dupla para indicar não apenas reversibilidade, mas também o fato de termos, ao mesmo tempo, presentes HCl, H_2O , Cl^- e H_3O^+ ,

caracterizando um equilíbrio dinâmico. Dessa forma, e frente a esses detalhes de observação do que não é dito, mas do que é apreendido pelos estudantes, que se constroem evidências para inventariar suas concepções.

A escala de pH (categoria 5) é fator de escape recorrente nas explicações dos estudantes, como podemos verificar nas explicações: “Porque feita essa reação temos um ácido diluído em água, o pH do ácido aumenta um pouco, é verdade, mas continua sendo inferior a 7, portanto continua sendo um ácido”; “Porque o HCl tem $\text{pH} < 7$, devido ao íon H^+ ”; “Porque tem o pH menor do que a água”. Assim como na Questão 1, o apelo à escala de pH é por vezes referida nas respostas dos estudantes que não oferecem uma explicação adequada para a questão, provavelmente pelo fato dessa escala estar fortemente memorizada por parte deles. Não obstante, interpreta-se a categoria 6 (Concentração de íons $\text{H}^+ / \text{H}_3\text{O}^+$) em função da associação estrita de concentração dos íons $\text{H}^+ / \text{H}_3\text{O}^+$ com a medida de pH; Por exemplo: “Pois a concentração H^+ é maior do que a de OH^- e de Cl^- ”; “Porque a concentração de íons H^+ é maior para o HCl”.

Na última categoria (7) agruparam-se aquelas explicações que não estabeleceram em nenhum momento uma relação conceitual articulada com o solicitado na questão, tais como: “Porque o cloro é um não metal e está ligado com um hidrogênio”; “Porque ele ganha elétrons”; “O HCl é considerado um ácido pois possui elétrons sobrando”. Essas seis categorias apresentadas não esgotam as possibilidades de análise, muito pelo contrário, elas perpassam-se conceitualmente dando ensejo a outras possíveis categorizações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente é importante destacar a permanência das concepções alternativas 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. A caracterização e a origem das concepções alternativas podem fornecer elementos importantes para os professores pensarem estratégias de ensino e de aprendizagem que visem a superação de deficiências na elaboração conceitual em química.

Neste artigo foram constatadas as dificuldades dos estudantes em manifestar suas concepções com clareza, pela utilização de conceitos fundamentais da química relacionados à compreensão das teorias ácido-base, conceito essencial dentro da grande área conceitual Equilíbrio Iônico. Tais dificuldades estão associadas às inadequações das concepções alternativas dos estudantes relativas aos fenômenos investigados nessa pesquisa: definição de pH, caráter ácido, limitação e abrangência das teorias ácido-base.

Pode-se dizer que, de forma geral, os estudantes manifestaram dificuldades que envolve, entre outros, a definição conceitual dos termos e a seleção e organização dos conceitos utilizados na descrição e explicação do fenômeno. Entende-se que esses elementos se constituem obstáculos à aprendizagem em química e supõem que eles configuram fatores que possam desmotivar os estudantes a permanecerem em seus cursos universitários. Portanto, entende-se que pesquisas dessa natureza são importantes e, principalmente, exorta-se que seus resultados cheguem efetivamente à sala de aula.

REFERÊNCIAS

Atkins, P.; Jones, L. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2001.

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.

- Campos, R.C; Silva, R.C. Funções da química inorgânica... funcionam? *Química Nova na escola*, nº9, p. 18-22, 1999.
- Chagas, A.P. Teorias Ácido-base do século XX. *Química Nova na escola*, nº9, p. 28-30, 1999.
- Cross, D., Amouroux, R., Chastrette, M., Leber, J. e Fayol, M. "Conceptions of First-Year University Students of the Constituents of matter and the notions of acids and bases" in *European Journal of Science Education*, 8(3), 305-313, 1986.
- Ebbing, D. Química Geral. Rio de Janeiro: LTC, 2 v. ,1988.
- Furió, C.; Azcona, R.; Guisasola, J.; Mujika, E. Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud "olvidada" en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, nº 2, p. 107-114, 1993.
- Lopes, A. C. Livros Didáticos: Obstáculos Verbais e Substancialistas ao Aprendizado da Ciência Química. *R. bras. Est. pedag.*, Brasília, v.74, n.177, p.309-334, 1993.
- Machado, A.H. & Aragão, R.M.R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, 4, 18-20, 1996.
- Mahan, B.M; Myers, R.J. Química: um curso universitário. 4ªed, São Paulo: Edgar Blücher,1995.
- Mortimer, E. F. Concepções atomísticas dos estudantes. *Química Nova na escola*, p. 23-26, 1995.
- Mortimer, E. F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, vol 1, nº1, p. 1-18, 1996.
- Rogado, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 63-73, 2004
- Ross, B. Munby, H. "Concept Mapping and Misconceptions: a Study of High-School Students' Understandings of Acids and Bases" in *International Journal of Science Education*, 13(1), 11-23, 1991
- Russell, J. B. Química Geral. São Paulo: McGraw-Hill. 1981.
- 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.

Silva, S. M.; Morais, L.; Eichler, M. L.; Salgado, T. D. M.; Del Pino, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis: Abrapec, 2007.

Silva, S. M.; Eichler, M. L.; Del Pino, J. C. As percepções dos professores de Química Geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. *Química Nova*, vol.26, n° 4, São Paulo, Julho / Agosto, 2003

Schultz, E. Ionization or dissociation?. *Journal of chemical Education*, vol 74, n° 7, p. 868-869, july, 1997.

A classificação ácido-base e a razão entre concentrações de substâncias segundo calouros universitários.

(Texto apresentado e publicado nos anais do 28° EDEQ)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo continuar inventariando as concepções de universitários que cursam a disciplina Química Geral Teórica na UFRGS e analisar as concepções destes estudantes sobre os conceitos fundamentais desta área de conhecimento. Para este trabalho, abordam-se os dados de duas questões referentes à terceira unidade conceitual da disciplina: Equilíbrio Iônico, onde as teorias ácido-base e suas inter-relações são exploradas. Nesse trabalho as concepções alternativas dos estudantes universitários sobre classificação ácido-base e a razão entre as concentrações de substâncias e seus conceitos subjacentes, tais como o comportamento de substâncias em soluções aquosas revelando seu caráter ácido, básico ou neutro evidencia insuficiências nas articulações conceituais estabelecidas para elucidar as explicações às questões do pré-teste e muitas vezes apenas se valem de rótulos ou máximas, que revelam o não entendimento de determinado fenômeno.

INTRODUÇÃO

A resolução de problemas padrões por parte dos estudantes não implica que eles tenham adquirido um entendimento de química que lhes permita aplicar satisfatoriamente determinados conceitos em outras situações não abordadas previamente. Por exemplo, ao final de uma disciplina alguns estudantes até sabem utilizar representações algébricas e utilizarem definições formais de determinados conceitos, mas isso não garante que os estudantes possam conectar os conceitos e inter-relacioná-los em modelos conceituais coerentes, ou seja, não significa que os conceitos estejam disponíveis para serem utilizados em outras situações.

Alguns resultados de pesquisas em ensino de química no âmbito das concepções alternativas (Barker, 2000; Mortimer, 1995; Furió, 1993; Machado e Aragão, 1996; Rogado, 2004 entre outros) têm apontado para o fato de que o ensino tradicional pouco tem ajudado na aquisição de conteúdos básicos,

necessários para o aprendizado de conceitos fundamentais da química. Essas pesquisas apontam que os estudantes possuem dificuldades em relacionar conceitos em um arcabouço teórico coerente, o que sugere que há a necessidade de se procurar maneiras de ajudá-los no processo de criação de relações conceituais.

O ensino básico não tem conseguido contribuir de forma mais efetiva para mudanças nas concepções dos estudantes, sendo que na universidade o processo ocorre de forma semelhante, mas com a agravante de que nos cursos de licenciatura esses serão os futuros professores. Nessas investigações (Silva *et al*; 2005 e 2007) visamos inventariar as principais concepções alternativas dos estudantes em início de um curso universitário.

Um conceito fundamental na Química e pouco explorado nas investigações sobre concepções alternativas é o conceito de Equilíbrio Iônico, que alicerça, em conjunto com outros conceitos, a base de conhecimento da área de química analítica. No desenvolvimento desse conteúdo faz-se necessário a compreensão das teorias ácido-base e seus conceitos subjacentes.

As teorias que se destinam a explicar o comportamento das substâncias são baseadas em princípios bastante antigos e devem ser conhecidos e diferenciados por parte dos estudantes (Chagas, 1999). Nessa mesma perspectiva, Campos e Silva (1999) analisam o conteúdo dos capítulos de livros didáticos do ensino médio que abordam o tema função inorgânica e apresentam uma crítica da falta de coerência da visão dos autores sobre os conceitos ácido-base. Além disso, criticam as classificações e regras de nomenclatura a que esse conteúdo é fadado. Na investigação realizada por Lopes (1993), também em manuais didáticos do ensino médio, a autora traça um perfil dos obstáculos substancialistas recorrente às teorias ácido-base e sugere que há grande uniformidade na abordagem dessas teorias, de forma que os erros se repetem, sem maiores alterações. Segundo essa autora, os livros didáticos mantêm o mesmo tratamento para o tema. A presença do substancialismo se expressa na racionalização errônea, capaz de considerar as propriedades ácidas e básicas como intrínsecas, respectivamente, ao próton e à hidroxila na molécula ou no agregado iônico.

Segundo Johnstone (1992,1993), no processo de compreensão do conhecimento químico estão envolvidos três diferentes níveis de representação: macroscópico, microscópico e simbólico. Os diferentes estudos que se propunham a investigar o ensino e aprendizagem da química apontam que os estudantes têm dificuldade em compreender as representações em química. A compreensão microscópica e simbólica são especialmente difíceis para os estudantes, e isso é verificado neste artigo, visto a diversidade de expressões que os estudantes apresentaram em suas respostas.

Algumas das evidências dessas pesquisas e suas estratégias sobre as concepções alternativas ao conhecimento científico para conceitos da teoria ácido-base servem de suporte para a análise dos dados que são apresentados neste artigo.

METODOLOGIA

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa maior que tem como objetivo inventariar as concepções alternativas ao conhecimento científico de estudantes universitários sobre conceitos fundamentais da química. A primeira ação para a concretização desta pesquisa foi o convite aos professores de Química Geral do Instituto de Química da UFRGS para discutir o grande índice de evasão e de repetência apresentados por essa disciplina (Silva *et al*, 2003). 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, pois esta é disciplina introdutória aos conceitos químicos que serão aprofundados no decorrer do curso.

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 4 a 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 esses questionários foi entre 15 minutos e 20 minutos.

Neste artigo apresentaremos resultados das questões 3 e 4 do questionário da terceira unidade, sendo que o índice de evasão nessa unidade foi de 10,77%, totalizando 116 estudantes que responderam ao pré-teste

envolvendo o conteúdo curricular: Equilíbrio iônico, sendo os conceitos de acidez, neutralidade e basicidade de compostos inorgânicos e o conceito e representação relativos ao conceito de pH exploradas nas questões que seguem abaixo:

Questão 3: Classificar as substâncias (HCl , $NaOH$, CaO , CO_2 , $NaCl$, $NaHCO_3$ e NH_4Cl) quanto ao caráter ácido, básico ou neutro, quando dissolvidos em água.

Questão 4: Considere as substâncias abaixo e os respectivos pH:

Substância	pH
Ácido de bateria	1,0
Vinagre	3,0
Água mineral com gás	4,0
Leite de vaca	7,0
Limpador com amônia	12,0

Qual é a razão entre as concentrações de íons H_3O^+ para os seguintes pares de substâncias:

- a) vinagre / ácido de bateria; b) água mineral com gás / leite de vaca;
c) limpador com amônia / leite de vaca.

A metodologia para a análise das respostas dos estudantes às questões acima envolveu digitalização de todas as respostas, seguida do agrupamento dessas em categorias, em função da ênfase dada a determinado termo, ou conjunto de termos, não se atribuindo, nesse momento qualquer juízo de valor às respostas. Após a inserção de todas as respostas dadas à questão, as categorias foram tratadas estatisticamente e analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARÁTER ÁCIDO, BÁSICO OU NEUTRO DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS

A questão solicitava que a partir de algumas substâncias inorgânicas dissolvidas em água os estudantes classificassem o comportamento dessas

quanto ao caráter ácido, básico ou neutro. Talvez, pela maneira como foi elaborada a questão, os estudantes simplesmente pontuaram a classificação. Não foi solicitada a representação da equação de dissociação em água, mas essa idéia deveria estar presente no momento da resolução da questão. Nas duas outras questões do pré-teste já analisadas e apresentadas, solicitou-se que os estudantes respondessem: *Na reação de HCl com H₂O, por que o HCl é considerado um ácido?* e *Por que o pH da água pura, a 25°C, é 7,0, ou seja, por que a água é considerada uma substância neutra?* E então, foi possível verificar pelos resultados destas questões que os estudantes possuem dificuldades de expressar as suas respostas mediante um arcabouço conceitual adequado. Conforme apresentado na Tabela 1, constatamos que ao classificar o HCl, 100% dos alunos classificaram-no como ácido, muito embora na explicação para a questão que propunha a explicação argumentativa deste, percebemos uma diversidade de respostas, com a utilização de um vocabulário ambíguo, ocasionando inadequação das respostas. Acredita-se que a unanimidade na adequação de classificar o HCl dissolvido em água como um ácido dá-se pela generalização apresentada em manuais didáticos na identificação de um ácido pela presença do átomo de H na frente da fórmula representacional que o designa. Porém a concepção de que o ácido clorídrico em meio aquoso ioniza-se e pela elevada presença de íons H₃O⁺, a água se torna ácida, não é explanada por muitos estudantes.

Tabela 1: Classificação das substâncias quanto ao caráter, ácido básico ou neutro segundo calouros universitários investigados.

Substâncias	%			
	Ácido	Básico	Neutro	Não responderam
HCl	100			
NaOH	1,72	97,41	0,86	
CaO	3,45	73,27	23,27	
CO ₂	68,96	-	28,45	2,58
NaCl	6,89	4,31	88,79	
NaHCO ₃	41,38	37,07	19,83	1,72
NH ₄ Cl	39,65	31,90	26,72	1,72
Total	116			

Com os resultados da classificação do hidróxido de sódio percebe-se, também, um elevado percentual de estudantes que o classificam adequadamente com o caráter básico. A relativa facilidade de classificação desta substância (NaOH) vai ao encontro da classificação do caráter ácido do HCl, visto que essas substâncias são amplamente utilizadas na explanação deste conteúdo em sala de aula e em manuais didáticos. O fato dessas substâncias serem amplamente utilizadas, torna-se recorrente a generalização de que o “H” na frente da fórmula designa um ácido e a presença do “OH”, refere-se a uma base. Desse modo, a solução do hidróxido de sódio em água se deve a dissociação dos íons e a liberação de Na^+ e OH^- , sendo esse último responsável pelo caráter básico desta substância quando dissolvida em água.

Como dito anteriormente, freqüentemente algumas substâncias são apresentadas em manuais didáticos e utilizadas como exemplos por professores, sendo assim, a relativa facilidade da classificação do NaCl quanto ao seu caráter neutro, dá-se por esses mesmos motivos, ou seja, repetidamente é apresentada como exemplo de um sal, ou seja, um composto iônico contendo cátions diferentes de H^+ e um ânion diferente de OH^- ou O^{2-} (Masterton, 1990, p. 418). A dissociação do cloreto de sódio em meio aquoso, libera íons de sódio e de cloreto no meio, mas como não há a presença significativa de íons OH^- e H_3O^+ no meio, seu caráter torna-se neutro.

Nesse sentido, percebe-se que a resposta dos estudantes quanto ao caráter ácido, básico e neutro do HCl, NaOH e NaCl, respectivamente, está associada fortemente a lembrança da definição de ácido e base de acordo com a teoria de Arrhenius, que define ácido como uma substância contendo hidrogênio e que produz íons H^+ em solução e base como uma substância contendo hidróxido e que produz íons hidróxido em solução (Russel, 1981, p. 392). As limitações da teoria ácido-base de Arrhenius é que ela só pode ser empregada a soluções aquosas. O íon H^+ , de fato, não é identificado em solução aquosa. Por isso não pode ser aplicado para outros solventes. Segundo esse conceito, somente são bases substâncias que possuem OH^- em sua composição. Deste modo e em virtude de resultados de outras pesquisas (Silva, *et. al*, 2008), percebeu-se que mais da metade dos estudantes trazem

em suas respostas a definição segundo a teoria de Arrhenius para expressar o caráter ácido ou básico das substâncias.

Quanto à classificação do comportamento dos óxidos, ou seja, compostos binários contendo átomos de oxigênio, são apresentados CaO e CO₂, respectivamente um óxido básico e um óxido ácido sendo ambos solúveis em água. Seria interessante que o estudante soubesse que a reação do óxido de cálcio com água forma o hidróxido de cálcio, ou seja, uma substância com comportamento básico, e o CO₂, óxido ácido, apresenta comportamento ácido, pois ao reagir com água forma como produto, ácido carbônico (H₂CO₃). Deste modo, 73,27% dos estudantes classificaram adequadamente o CaO como básico, mas, 23,27% o classificam como neutro, talvez por desconsiderar a dissolução em água e para o CO₂, 68,96% classificam-no com o comportamento ácido frente a dissolução em água.

As outras substâncias, os sais NaHCO₃ e o NH₄Cl são compostos iônicos que dissociam quando dissolvidos em água. Essas substâncias apresentaram maiores diversidades percentuais de resposta entre os estudantes, inclusive com maior percentual de inadequação, em relação ao NaHCO₃, verificamos que 41,38% dos estudantes classificam seu comportamento em água como ácido. Todavia, é amplamente explorado as características antiácidas do hidrogeno carbonato de sódio (NaHCO₃), deste modo, seu caráter básico fica evidente. Podemos inferir como causa de alguns estudantes classificarem-no com o caráter ácido se dá pela presença do átomo de hidrogênio em sua composição. Sabe-se que a dissociação do hidrogeno carbonato de sódio de sódio produz os íons Na⁺ e HCO₃⁻. O ânion formado é proveniente de um ácido, H₂CO₃, ou seja, um ácido fraco e, portanto atua como base fraca em solução aquosa. (Masterton, 1990, p. 419)

Essencialmente todas as propriedades de uma solução salina são propriedades dos seus íons, assim, o comportamento de um sal é determinado pela natureza de seus íons e então, para classificarmos se uma solução de NaHCO₃ e NH₄Cl é ácida, básica ou neutra, devemos considerar o efeito dos íons Na⁺, HCO₃⁻, NH₄⁺ e Cl⁻ sobre o pH da água.

O íon amônio, NH₄⁺, comporta-se como um ácido fraco em água, conforme a reação reversível: $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(\text{aq})} + \text{H}^+_{(\text{aq})}$ e o Cl⁻ é um ânion neutro, pois provêm de uma base forte, portanto o caráter da solução do sal de

cloreto de amônio é ácido. Em contrapartida, o sal NaHCO_3 , tem a seguinte dissociação: $\text{NaHCO}_3 \text{ (aq)} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- \text{ (aq)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$, produzindo o cátion neutro Na^+ e o ânion OH^- , deste modo, o comportamento desta substância em solução aquosa é básico.

Percebe-se que 6,02% dos alunos não classificaram as substâncias, entre elas CO_2 , NaHCO_3 e NH_4Cl , reforçando novamente que estas apresentaram maiores dificuldades de classificação entre os estudantes. Podemos também, inferir que a classificação das substâncias NaHCO_3 e NH_4Cl são as que dependem mais do conhecimento conceitual dos estudantes, pois incitam conhecimentos mais amplos, devido às demais substâncias serem diretamente associadas à teoria ácido - base de Arrhenius e serem exemplares quando se reporta a esses conceitos.

RAZÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE ÍONS H_3O^+ PARA PARES DE SUBSTÂNCIAS

O pH representa a grandeza físico-química *potencial de hidrogênico* ou *potencial hidrogeniônico*, visto ser calculado a partir da concentração de íons hidroxônios (H_3O^+) numa solução. A partir do valor do pH se indica o grau de acidez ou basicidade/alcalinidade dessa solução. Relacionado com o conceito de pH está o conceito de pOH, que calcula a concentração de íons OH^- . (Atkins, 2001)

O termo pH foi introduzido, em 1909, pelo bioquímico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen (1868-1939) com o objetivo de facilitar seus trabalhos no controle de qualidade de cervejas. O "p" vem do alemão *potenz*, que significa poder de concentração, e o "H" é para o íon de hidroxônio (H_3O^+).

Para resolver essa questão os estudantes deveriam recordar que o pH de uma solução é calculado a partir de uma concentração do H_3O^+ e expressa conforme a equação: $\text{pH} = -\log \text{H}_3\text{O}^+ = \log 1/\text{H}_3\text{O}^+$, sendo o logaritmo nesta definição, o logaritmo comum, na base 10. O sinal negativo na definição do pH significa que quanto maior a concentração molar de H_3O^+ , menor o pH. (Atkins, 2001). Para converter pH para a molaridade de H_3O^+ , revertemos o sinal do pH e tomamos seu antilogaritmo: $\text{H}_3\text{O}^+ = 10^{-\text{pH}}$

A questão 4 solicitava que os estudantes a partir dos dados de pH de algumas soluções apresentadas expressassem a razão entre as concentrações dos íons H_3O^+ entre alguns pares de substâncias. Sabe-se que o pH é

calculado pelo logaritmo da molaridade de íons H_3O^+ , segundo a equação: $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ e para a resolução da questão 4 deveria-se calcular o antilogaritmo do pH para obter-se a $[\text{H}_3\text{O}^+]$. Na Tabela 2 é apresentada as categorias recorrentes utilizadas pelos estudantes para expressar a razão entre as concentrações de íons H_3O^+ entre vinagre e ácido de bateria que revertendo-se o sinal e aplicando o seu antilogaritmo segue que 10^{-3} e 10^{-1} , designam respectivamente a concentração de íons hidrônio da solução de vinagre e ácido de bateria, sendo a razão o quociente desses dois números resulta uma razão de 10^{-2} .

Tabela 2: Síntese das categorias recorrentes na representação da razão entre as concentrações de íons H_3O^+ no par de substância: vinagre e ácido de bateria

Pares de Substâncias	Categorias Recorrentes	Valor	%
Vinagre / Ácido de bateria	a) Número natural	3	13,79
	b) Exponenciação com base 10	10^{-2}	25,87
	c) Exponenciação com base 10	10^2	2,59
	d) Representação Fracionária com exponenciação na base 10	$10^{-3}/10^{-1}$	2,59
	e) Representação Fracionária	1/100	2,59
Não responderam	18		15,52
Total de estudantes	116		

Os estudantes expressaram a razão entre as concentrações por diferentes notações, visto que as demais representações manifestas na Tabela 2, tais como 0,01; 1/100; $10^{-3}/10^{-1}$ adequam-se ao solicitado.

A razão entre os dois pares de substâncias vinagre e ácido de bateria e seus respectivos pH 3,0 e 1,0 indica-nos que quanto menor o pH, maior a concentração de íons hidrônio. A compreensão desta relação é pouco estabelecida pelos estudantes e constatado pela maneira como apresentaram os resultados da razão entre os pares de substância, ou seja, não fica clara a concepção de que a concentração de íons hidrônio no ácido de bateria é 100

vezes maior do que no vinagre. Alguns estudantes apenas apresentaram como resposta: '100'; '1/100'; '0,01, entre outros. A representação apenas de '100' e '10²' como apresentado por 16,39% dos estudantes leva-nos a pensar que o estudante estabeleceu uma relação inversa entre os pares de substâncias, mas que tem noção da definição de pH, ao contrário, os estudantes que apresentaram como resposta apenas o número '3' (13,79%) ou '4' (1,72%), não estabeleceram nenhuma associação do pH à concentração de íons hidrônio, isto é, o não-conhecimento de que a conversão de pH para molaridade de íons hidrônio se dá pela reversão do sinal do pH e da tomada do seu antilogaritmo.

Outra leitura que poderíamos sugerir, embora não tenha sido explicitada pelos estudantes é a de que se esses números viessem acompanhados de explicações, tais como: A concentração de íons H₃O⁺ do ácido de bateria é 100 vezes maior do que a concentração de íons H₃O⁺ do vinagre constituindo-se como uma explicação adequada ao verificar a exposição do número '100' e '10²'. A relação das concentrações do íon hidrônio do vinagre (v) e do ácido de bateria (ab) é: $[H_3O^+]_{ab} = 100 [H_3O^+]_v$; A razão $[H_3O^+]_v/[H_3O^+]_{ab} = 10^{-3}/10^{-1} = 10^{-2} = 0,01$ ou uma explicação que expusesse que a concentração de $[H_3O^+]_v = 0,01 [H_3O^+]_{ab}$.

A discussão das diferentes representações apresentadas pelos estudantes para caracterizar a razão entre os diferentes pares de substâncias nos incita a discussão que já vigora no ensino e aprendizagem da química que é a questão das dificuldades representacionais. Não há uma uniformização na notação química, seja na linguagem escrita ou falada e, desse modo, ocasiona-se um reducionismo do conhecimento químico a meros algoritmos e conseqüentemente a memorização desses, sem a compreensão adequada ao modelo ao qual se referem.

O conjunto de dados apresentados na Tabelas 3 apontam a razão de íons hidrônio do par de substância água mineral com gás e leite de vaca com pHs = 4 e 7 respectivamente, percebemos novamente pelo exposto pelos estudantes uma variedade na apresentação dos resultados. Embora ocorra a adequação da razão entre o par proposto, não há uma uniformidade na notação e essa falta de formalismo na notação química pode provocar equívocos, dificuldades e ambiguidades para a compreensão do fenômeno ou da representação e/ou equação química, seja nas unidades/fatores

correspondentes e expressões de proporcionalidade (inversamente, diretamente).

Tabela 3: Síntese das categorias recorrentes na representação da razão entre as concentrações de íons H_3O^+ no par de substância: água mineral com gás e leite de vaca

Pares de Substâncias	Categorias Recorrentes	Valor	%
Água mineral com gás / Leite de vaca	a) Número natural	1000	6,03
	b) Exponenciação com base 10	10^3	27,59
	c) Representação Fracionária com exponenciação na base 10	$10^{-4}/10^{-7}$	4,31
	d) Representação Fracionária	4/7	13,8
Não responderam	18		15,52
Total de estudantes		116	

Os estudantes não são claros em suas respostas, dando margem a interpretações que leva-nos a identificar uma certa incompreensão além da definição conceitual a falta de entendimento das operações e grandezas matemáticas. Um dado que possivelmente identifica a incompreensão do ferramental matemático é constatado com 11,21% dos estudantes apontando a razão entre os íons hidrônio do par água mineral com gás e leite de vaca como sendo a de 10^{-3} , em contrapartida, 33,62, % apresentaram adequadamente a razão de 10^3 (27,59%) ou 1000 (6,03%).

Uma inadequação que evidencia claramente a incompreensão do estudante em relação ao conceito de pH e seus conceitos periféricos é apresentado na categoria *d* (Tabela 3) onde os estudantes simplesmente utilizam os valores de pHs fornecidos e estabelecem a razão destes, ou seja, 13,8%, dos estudantes apresentaram a resposta 4/7 como a razão entre a água mineral com gás e leite de vaca.

No decorrer dos resultados da razão dos íons H_3O^+ do par: limpador com amônia e leite de vaca (Tabela 4) constatou-se novamente as mesmas variações de notações, possibilitando inferir que a aprendizagem de um modelo implica aprender, além dos conceitos, as diferentes representações do mesmo,

as regras dessas representações, como essas regras representam as relações entre os conceitos, etc. Esse, de fato, não é um processo simples.

Tabela 4: Síntese das categorias recorrentes na representação da razão entre as concentrações de íons H_3O^+ no par de substâncias: Limpador com amônia / Leite de vaca

Pares de Substâncias	Categorias Recorrentes	Valor	%
Limpador com amônia / Leite de vaca	a) Número natural	0,00001	3,45
	b) Exponenciação com base 10	10^{-5}	24,14
	c) Exponenciação com base 10	10^5	18,1
	d) Representação Fracionária com exponenciação na base 10	$10^{-12}/10^{-7}$	4,31
	e) Representação Fracionária	12/7	12,07
Não responderam	18		15,52
Total de estudantes	116		

Como já relatado, os alunos têm sérias dificuldades com as representações, mesmo aqueles que demonstraram compreender os conceitos subjacentes. Percebe-se que os estudantes, apresentam dificuldades em expressar a razão entre as concentrações de íons H_3O^+ do par: limpador com amônia e leite de vaca, visto que 12,07% apenas representam a razão entre o pH das substâncias, ou seja, desconhecem a definição e aplicação do pH. Além das dificuldades matemáticas, como a apresentada na categoria *c* da Tabela 4 e detectadas em todos os itens da questão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da análise das respostas dos estudantes, podemos observar que algumas dificuldades no estabelecimento de modelos decorrem da ausência dos conceitos necessários para interpretá-los. Ou seja, alguns estudantes não somente apresentam dificuldade para se expressar mediante uma representação senão que, às vezes, o que falta são conceitos necessários para compreender o fenômeno sob o ponto de vista químico e matemático.

Constatamos na análise das duas questões do pré-teste que os estudantes demonstraram algumas dificuldades ao classificar as substâncias quanto ao caráter ácido, básico ou neutro. Uma das classificações mais improváveis de ocorrência, visto a notoriedade com a qual é apresentada em exemplares, é a classificação do NaOH com ácido (1,72%) e neutro (0,86). Algumas dessas inadequações devem-se ao fato dos estudantes não atrelarem-se às condições estabelecidas do meio reacional, ou seja, em água, fato que explica a classificação do CaO como neutro (23,27%). Em comparação com outras duas questões já analisadas em outro trabalho, percebe-se que os estudantes têm dificuldades na seleção e organização dos conceitos para explicar um fenômeno, ou seja, os estudantes não conseguem trabalhar com vários conceitos simultaneamente. Na química, como já indicado, pela complexidade dos fenômenos de que ela trata a utilização e a transferências de vários níveis de representação e dos conceitos intrínsecos a cada um deles é um grande desafio para os estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkins, P.; Jones, L. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 1ªed., Porto Alegre: Bookman, 2001.
- 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.
- Furió, C.; Azcona, R.; Guisasola, J.; Mujika, E. Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud "olvidada" en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, nº 2, p. 107-114, 1993.
- Johnstone, A.H. (1992) Macro and Microchemistry. *School Science Review*. 64(227), 377-379.
- Johnstone, A.H. (1993) The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*. 70(9), 701-705.

- Lopes, A.R.C. (1992). Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química. I. Obstáculos animistas e realistas. *Química Nova*, vol 15, Nº 3, 254-261.
- Machado, A.H. & Aragão, R.M.R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, 4, 18-20, 1996.
- Mortimer, E. F. Concepções atomísticas dos estudantes. *Química Nova na escola*, p. 23-26, 1995.
- Masterton, W.; Slowinski, E.J.; Stanitski, C. L. (1990). *Princípios de Química* RJ, Guanabarra Koogan.
- Rogado, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 63-73, 2004
- Russell, J. B.(1981); *Química Geral*, SP, Makron Books.
- Silva, S. M.; Eichler, M. L; Del Pino, J. C. (2003). As percepções dos professores de Química Geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. *Química Nova*, vol.26, nº 4, São Paulo, Julho / Agosto,
- Silva, S. M.; Morais, L.; Eichler, M. L; Salgado, T. D. M.; Del Pino, J. C. (2007). Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis: Abrapec,
- Silva, S. M. ; Eichler, M. L ; Salgado, T.D. M. ; Del Pino, J. C. (2008). Concepções alternativas de calouros de química para as teorias ácido-base. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba.

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE CALOUROS DE QUÍMICA PARA A EXPANSÃO TÉRMICA DO AR.

(Texto apresentado e publicado nos anais do XVI SBQ Sul)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo inventariar as concepções de calouros que cursam a disciplina Química Geral Teórica na UFRGS e analisar as concepções destes estudantes sobre a expansão térmica do ar. Nas explicações alternativas ao conhecimento científico dos estudantes evidenciamos inadequações e insuficiências nas articulações conceituais estabelecidas para elucidar as explicações às questões formuladas.

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. (Barker, 2000).

Essas 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 do curso de Química da UFRGS, oferecem a problemas de lápis e papel sobre a expansão térmica do ar.

Resultados e Discussões

A partir de um pré-teste aplicado no início da primeira unidade temática da disciplina, os estudantes responderam entre outras perguntas a que segue: 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.

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 1 constam a descrição, frequência e porcentagem das diferentes teorias encontradas.

A enunciação dessas teorias implícitas seguiu os resultados obtidos na pesquisa de Benlloch (1993).

As teorias classificadas como *A*, *B*, *C* e *F* obtiveram respectivamente 1,72%, 8,04%, 10,71% e 7,14% das respostas dos estudantes.

Tabela 1. Síntese das teorias mais recorrentes expressas pelos sujeitos para justificar o enchimento do balão.

<i>Teoria</i>	<i>Descrição</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
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.	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.	23	20,54
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

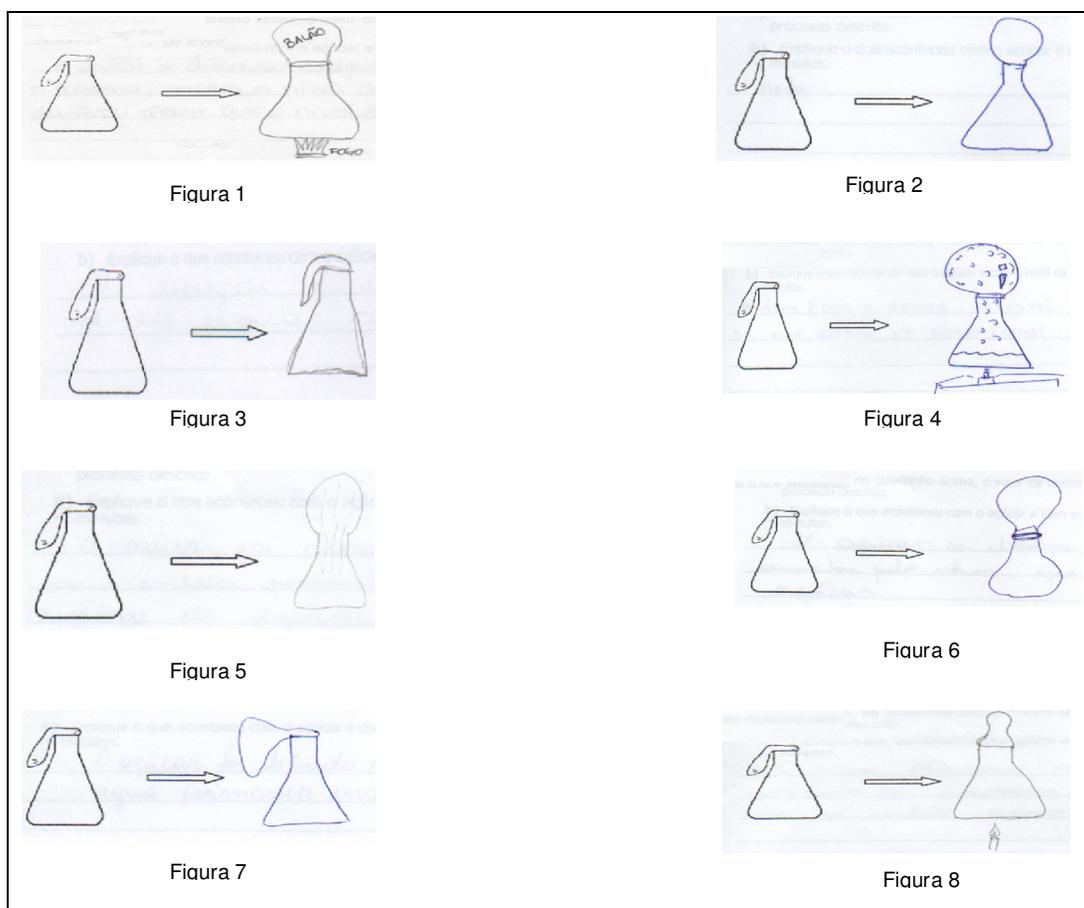


Figura 1: Representações do enchimento do balão

CONCLUSÕES

Constatamos as dificuldades dos estudantes em manifestar suas concepções com clareza, pela utilização de conceitos fundamentais da química. A presença dessas concepções alternativas sugere que muitos dos conceitos necessários para a correta explicação do fenômeno permanecem indiferenciados. Os alunos manifestam uma dificuldade que envolve, entre outros, a definição conceitual dos termos, 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS SOBRE REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo inventariar as concepções de universitários que cursam a disciplina Química Geral Teórica na UFRGS e analisar as concepções destes estudantes sobre os conceitos fundamentais dessa área de conhecimento. A disciplina de Química Geral é composta de oito áreas conceituais, inseridas em quatro unidades conceituais. Para esta investigação, aborda-se parte dos resultados referentes a quarta e última unidade conceitual: Eletroquímica, onde as reações de oxirredução e suas inter-relações são abordadas. Nas explicações aos fenômenos questionados evidenciamos inadequações e insuficiências nas articulações conceituais estabelecidas para elucidar as explicações às questões do pré-teste, além de uma diversidade de representações na identificação das espécies envolvidas nas reações de oxirredução.

INTRODUÇÃO

Algumas pesquisas sobre o entendimento de alunos do ensino médio e universitário, sobre reações de oxirredução e eletroquímica foram publicadas nas últimas décadas: Finley, Stewart e Yaroch (1982); Bueso, Furió e Mans (1988); Garnett e Treagust (1992a, 1992b); Sanger e Greenbowe (1997a, 1997b, 1999, 2000); Ogude e Bradley (1994, 1996) e foi verificado que, embora a maior parte dos estudantes possa resolver problemas quantitativos sobre o tema eletroquímica da qual o tópico reações de oxirredução está inserida, poucos são capazes de responder questões qualitativas que requerem um conhecimento conceitual mais profundo dos fenômenos. Sabe-se que essa constatação também é verificada em outras áreas conceituais da química. (Silva, *et al.*, 2007;2008)

Por outro lado, a compreensão dos conceitos envolvidos no campo da eletroquímica envolve também conteúdos pertinentes ao campo da física em suas explicações e para tal o ensino e a aprendizagem dessas ciências podem tornar-se eficazes quando consideram a inter-relação conceitual, de forma a trabalhar com os fenômenos como um todo.

O ensino de eletroquímica exige a compreensão de uma linguagem específica da química, por isso é um conteúdo considerado de difícil compreensão por parte dos estudantes. Têm sido apontadas dificuldades conceituais com relação a conceitos como: oxidação, redução, corrente elétrica, condutibilidade elétrica em soluções, representação de reações de oxirredução e potencial de redução, entre outros e que muitas vezes são motivadas pelas concepções de senso comum sobre o tema. Além do fato desse conteúdo, algumas vezes, não ser ministrado no ensino médio por ocupar dentro das prioridades de hierarquia conceitual caráter inferior às demais e o professor chegar ao fim do ano letivo sem abordar essa área conceitual ou quando o faz apenas adota uma perspectiva quantitativa.

As dificuldades que envolvem o estudo da Eletroquímica se estendem para a compreensão que os professores têm sobre esse tema. Geralmente entre os professores não há consenso entre quais são os conteúdos/conceitos que o aluno precisa compreender e, até mesmo, sobre a metodologia mais adequada para discutir o assunto. (Finley, Stewart e Yaroch, 1982)

A eletroquímica é o ramo da química relativa ao estudo dos aspectos eletrônicos e elétricos das reações químicas. Os elementos envolvidos em uma reação eletroquímica são caracterizados pelo número de elétrons que têm. O número de oxidação de um íon é o número de elétrons que este aceitou ou doou quando comparado com seu estado neutro (que é definido como tendo número de oxidação igual a zero). Se um átomo ou íon doa elétrons em uma reação, seu número de oxidação aumenta, se aceita elétrons seu número de oxidação diminui. A perda de elétrons de uma substância é chamada oxidação, e o ganho é conhecido como redução. Uma reação na qual ocorrem oxidação e redução é chamada de reação de oxirredução ou redox (Atkins, 2001)

Os conceitos subjacentes à eletroquímica são muito amplos. Inclusive no ensino superior esse conceito é abordado novamente por demais disciplinas. No que tange a disciplina de Química Geral, os conteúdos abordados estão inseridos na última das quatro unidades conceituais da disciplina e explora o tema de eletroquímica. Essa área conceitual destina-se ao estudo do número de oxidação; conceito de semi-reação; balanceamento de reações de oxirredução; células galvânicas; células eletroquímicas; potencial-padrão de eletrodo; eletrólise; equação de Nernst e as leis de Faraday, entre outros.

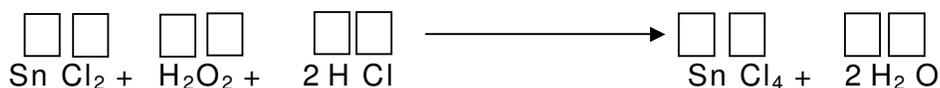
METODOLOGIA

O presente trabalho faz parte de um projeto maior de investigação que visa 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, apresentaremos as discussões e resultados da questão 1 do pré-teste da quarta unidade. Esse pré-teste foi respondido por 89 estudantes, tendo um índice de evasão de 31,54% em relação ao número inicial de participantes. Essa questão consta dos itens *a* e *b*, onde se solicita respectivamente, a determinação dos números de oxidação dos elementos que compõem uma substância e a identificação da espécie que é oxidada e reduzida.

Abaixo segue o enunciado da questão 1 da Unidade 4:

1) Para a reação química abaixo representada



a) determine os números de oxidação do Sn, Cl, H e O em cada substância, escrevendo-os nos quadrinhos acima delas.

b) entre os reagentes dessa reação, qual espécie é oxidada e qual espécie é reduzida?

A metodologia para a análise das respostas dos estudantes à questão acima envolveu digitalização de todas as respostas, seguida do agrupamento dessas em categorias, em função da similaridade e ênfase dada a determinado termo, ou conjunto de termos, não se atribuindo, nesse momento qualquer juízo de valor à resposta. Após a inserção de todas as respostas dadas à questão, as categorias foram tratadas estatisticamente e analisadas.

Resultados e Discussão

A questão 1 item a com o enunciado: “Determine os números de oxidação do Sn, Cl, H e O em cada substância, escrevendo-os nos quadrinhos acima delas” obteve 61,79% dos estudantes respondendo adequadamente conforme é apresentada Tabela 1.

O conhecimento de que reações de oxirredução são reações onde ocorre simultaneamente a perda de elétrons por um elemento, e o ganho de elétrons de outro é indispensável para que o estudante tenha êxito na adequação da resposta.

Percebemos que alguns números de oxidação (Nox) são comumente respondidos adequadamente pelos estudantes, como é o caso do nox do elemento estanho (Sn). Em compensação, o nox do elemento hidrogênio e oxigênio na substância H_2O_2 é que apresenta maiores incompreensões tanto na representação do resultado dos reagentes como nos produtos.

Tendo em vista o conjunto de inadequações apresentadas na Tabela 2, constatamos que as maiores inadequações são apresentadas quando os estudantes determinam o número de oxidação do elemento oxigênio (33,72%), podendo essa verificação ser atribuída ao fato do nox do elemento oxigênio na substância H_2O_2 ser classificada como um peróxido e, portanto seu nox é igual a -1, diferentemente quando em outras substâncias o nox do elemento oxigênio é -2. As demais percentagens de inadequações seguem em: 30,34% (cloro), 26,97% (hidrogênio) e 3,37% (estanho), justamente os elementos com coeficientes diferentes de 1 verifica-se a incompreensão dos estudantes em multiplicar o nox pelo respectivo coeficiente e conseqüentemente a sua inadequação.

Segundo Bueso *et. al* (1988) na interpretação das reações de oxirredução por estudantes verificam-se inconsistências na utilização de uma linguagem científica adequada ocasionando as inadequações verificadas e efetuadas por estes e que na maior parte dá-se pela contabilização dos coeficientes estequiométricos no ato da determinação do nox, atribuindo-os função característica a cada elemento.

Tabela 1: Respostas dos estudantes quanto ao número de oxidação Sn, Cl, H e O.

N ^o s de Oxidação do Sn, Cl, H e O respectivamente.	1 ^a vez	2 ^a vez	%	N ^o de alunos	Total
+2, -1, +1, -1, +1, -1,	+4, -1, +1 e -2	45	10	61,79	55
+2, -2, +2, -2, +1, -1,	+4, -4, +2 e -2	02	01	3,37	03
+2, -1, +1, -2, +1, -2,	+4, -1, +1 e -2	01	00	1,12	01
+2, -2, +2, -4, +1, -1,	+4, -4, +1 e -2	03	00	3,37	03
+2, -1, +2, -2, +1, -1,	+4, -1, +1 e -2	05	00	5,62	05
+2, -1, +2, -4, +1, -1,	+4, -1, +1 e -2	02	00	2,25	02
+2, -1, +1, -1/2, +1, 1,	+4, -1, +1 e -2	01	00	1,12	01
+2, -2, +2, -2, +1, -1,	+4, -4, +1 e -2	00	01	1,12	01
+2, -1, +1, -1/2, +1, 1,	+4, -1, +1 e -2	02	00	2,25	02
+2, +1, +2, +2, +1, +1,	+4, +1, +1 e +2	00	01	1,12	01
+2, 0, +2, +2, 0, 0,	+4, 0, 0 e +2	00	01	1,12	01
+2, -1, +1, 0, +1, -1,	0, 0, +2 e +2	01	00	1,12	01
+2, -2, +2, -2, +1, -1,	+4, -1, +1 e -2	02	01	3,37	03
+2, -2, +2, -2, +1, -1,	+4, -4, +1 e -1	00	01	1,12	01
+2, -1, +1, -2, +1, -1,	+4, -1, +1 e -2	02	00	2,25	02
-2, +2, +4, -4, +1, -1,	-4, +4, +2 e -2	01	00	1,12	01
+2, -2, +2, -4, +1, -1,	+4, -4, +2 e -2	01	00	1,12	01
+2, -1, +2, -2, -1, -1,	+4, -4, +2 e -2	01	00	1,12	01
Não responderam		03	01	4,49	04

89

Tabela 2: Conjunto das Inadequações

Sn	Cl ₂	H ₂	O ₂	2H	Cl	→	Sn	Cl ₄	2H ₂	O
+2	-2	+2	-2	+1	-1		-4	-4 (9)	+2 (4)	-2 (16)
+2	-1	+2	-4	+1	-2		0	-1	+1 (16)	-2 (7)
-2	-1	+2	-1/2	0	-1		-4	-1 (7)	0	-2 (3)
	+1	+1	+2	+1	+1			+1 (3)	+2	+2 (2)
	0	+4	0	+1	0			0	+2	+2
	-1	+2	-2	-1	-1			0	+2	-1
	-2				-1			-1 (3)		
	+2				-1			+4		
	-1				-1			-4		

() frequência de ocorrência

b) Entre os reagentes dessa reação, qual espécie é oxidada e qual espécie é reduzida?

O item *b* da questão 1 vem ao encontro do conhecimento abordado no item *a*, e apresenta um resultado interessante, pois a notação utilizada para elencar qual a espécie oxidada e reduzida, é expressa pelos estudantes de diferentes maneiras, podendo-se perceber uma diversidade na linguagem química podendo, inclusive, induzir a erros. Quando se determina o nox de uma substância, determina-se o número de oxidação de cada elemento

que compõe essa substância, portanto acreditamos que a adequação de explicitar a espécie oxidada e reduzida é apresentar o elemento da espécie oxidada e reduzida.

Essa preocupação com a terminologia da química na eletroquímica é fator importante na análise dos dados, sendo necessário observarem alguns detalhes da linguagem e simbologia utilizadas (Krüger, *et al.*, 1997).

A simbologia química para o átomo de um metal qualquer, representado por M, indica que ele está eletricamente neutro, ou seja, seu número de prótons é igual ao número de elétrons. Portanto, a sua carga total é nula e o representamos por M^0 . Caso esse metal venha a reagir e perder um elétron passará a ter um elétron a menos que o total de prótons e sua carga será positiva, M^{1+} . Dizemos que o átomo M foi oxidado, pois perdeu elétrons, mas por outro lado, se um cátion Z^{1+} recebe um elétron ele volta a ter um mesmo número de elétrons e de prótons, sua carga fica nula. Dizemos que o átomo Z foi reduzido, pois ganha elétrons (Krüger, *et al.*, 1997).

Desta forma, a análise do item *b* da questão 1 foi organizada de maneiras distintas, sendo primeiramente catalogadas as respostas dadas pelos estudantes quanto a espécie oxidada e reduzida independentemente, e posteriormente categorizamos as respostas em conjunto, ou seja, o conjunto das espécies oxidada e reduzida, para termos a possibilidade de verificação se a classificação destas foi estruturada e embasada num entendimento da definição de Nox e das regras elencadas para sua determinação, sendo o conhecimento das mesmas perpassados pelos conceitos das propriedades dos elementos da tabela periódica, ligação química, entre outros. Sendo assim, podemos inferir sobre a concepção do estudante, se esta foi apresentada com base nas relações fornecidas acima ou simplesmente uma explicitação aleatória. Dessas notações percebemos uma variedade de representações na apresentação das espécies em questão. Há uma diversidade nas representações quanto às espécies envolvidas.

Os conhecimentos relativos ao conceito de Nox, qual espécie será o agente oxidante ou substância oxidante e qual será a substância que é reduzida ou seja, a substância que ganha elétrons e o agente redutor ou substância redutora será a substância que é oxidada ou seja, substância que perde elétrons. (Atkins, 2001)

Portanto, na questão do pré-teste propõe-se que o estudante organize o conhecimento necessário para o entendimento de Nox e não apenas recorram à memorização das regras amplamente difundidas para a determinação deste. O conhecimento necessário para o entendimento das reações de oxirredução está amplamente relacionado ao conceito de ligações químicas, reações químicas, propriedades dos elementos químicos, entre outros.

O conhecimento difundido é de que alguns elementos possuem Nox fixo, mas para tanto não é necessário à memorização destes, visto que pelas propriedades dos elementos químicos, sua localização na tabela periódica, pelo entendimento de ligação química inferimos sobre seu nox.

Quando se estuda Nox, salienta-se a necessidade de não confundir Nox com valência, ou seja, o número de elétrons ganhos ou perdidos para o elemento adquirir sua estabilidade, que pode ser ou não igual ao seu nox.

Na reação química representada pela equação apresentada na questão 1 do pré-teste o cloreto de estanho, em meio ácido é oxidado de cloreto de estanho (II) para cloreto de estanho (IV) e o peróxido de hidrogênio é reduzido a água. Onde o elemento estanho é oxidado sendo transformando de Sn^{+2} para Sn^{+4} perdendo 2 elétrons e o oxigênio do peróxido é reduzido, transformando-se de O_2^{-2} para O^{-2} , ganhando 1 elétron.

Deste modo é visto a diversidade de notação utilizada pelos estudantes para a identificação específica da espécie oxidada (Tabela 3) e reduzida (Tabela 4) e posteriormente o agrupamento destas (Tabela 5) verificamos algumas incompatibilidades de representação. Em grande parte, os estudantes expressaram as espécies oxidadas e reduzidas respectivamente em termos de representação do elemento (Sn - 67,41% e O - 44,94%) podendo inferirmos que o conceito de Nox associado à carga resultante da transferência de elétrons numa reação de oxirredução não é entendida.

Sendo assim, pelas proposições apresentadas pelos estudantes na Tabela 1, referentes à espécie oxidada verificamos que 67,41% dos estudantes apresentam simplesmente a notação "Sn", onde podemos inferir que o estudante possa até ter o entendimento que na reação proposta o elemento estanho da substância cloreto de estanho (II) em meio ácido (HCl) e em presença de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que é um poderoso agente oxidante resulte como produto cloreto de estanho (IV) a que foi oxidado e

água, mas na representação apresentada pelos estudantes não fica explícito esta intenção. Deste modo, acreditamos que as representações mais adequadas e não ambíguas sobre a espécie oxidada sejam as representadas por Sn^{+2} e também àquelas onde o estudante especifica a substância SnCl_2 .

Tabela 3: Categorias de respostas expressas pelos estudantes para a espécie oxidada

Categoria	1ª vez	2ª vez	Nº de alunos	%	Total
Espécie Oxidada					
Sn	49	11	60	67,41	89
SnCl_2	9	4	13	14,60	
Sn^{+2}	6	0	6	6,74	
SnCl_4	1	1	2	2,47	
SnCl	0	1	1	1,12	
Cl	1	0	1	1,12	
H_2O	2	0	2	2,47	
Não responderam nada	3	1	4	4,49	

A mesma diversidade de representações é verificada quanto à classificação da espécie reduzida (Tabela 3), onde 44,94% dos estudantes explicitam que o “O” é a espécie reduzida. Percebemos que embora com dificuldades de representação, a espécie oxidada é melhor identificada pelos estudantes, ou seja, os estudantes têm noção que é o estanho que é oxidado. Ao contrário disso, na espécie reduzida surgem discrepâncias e inadequações quanto à classificação e alguns estudantes também não classificaram a espécie reduzida. Há inclusive uma maior diversidade de representações para a espécie reduzida. Acreditamos que tais proposições devam-se ao nox do oxigênio no peróxido, onde seu nox é definido como -1 e comumente as substâncias mais utilizadas o nox do oxigênio é -2.

Tendo em vista a definição de Nox acreditamos que a representação mais adequada para expressar a espécie oxidada e reduzida seja a que apresenta a espécie química com carga formal do elemento que sofre a oxidação e redução, ou outra maneira de representação é o da substância que apresenta o elemento oxidado e reduzido.

Deste modo, como constatado na Tabela 5, a representação da espécie oxidada e reduzida respectivamente onde 13, 48% representam SnCl_2 ; H_2O_2 . Nenhum estudante representa Sn^{+2} ; O^{-1} que também consideramos uma forma

adequada de representação já que fica explícito a carga de cada elemento. Conforme havíamos verificado, aproximadamente 45% dos estudantes indicaram a espécie oxidada e reduzida apenas como Sn e O. Embora, não fique clara a idéia do estudante sobre número de oxidação, pois não utilizou a carga do elemento que é oxidada e reduzida ou não representou a substância da qual o elemento é oxidado ou reduzido, justifica-se o que a literatura nos reporta da dificuldade com a notação da linguagem química e suas prováveis dificuldades para a compreensão dos fenômenos.

Tabela 4: Categorias de respostas expressas pelos estudantes para a espécie reduzida

Categoria	1ª vez	2ª vez	Nº de alunos	%	Total
Espécie Reduzida					
O	32	8	40	44,94	89
Cl	6	4	10	11,23	
H₂O₂	11	2	13	14,60	
O ₂	5	0	5	5,62	
O ₂ ⁻²	1	0	1	1,12	
O ⁻¹	1	0	1	1,12	
H	3	1	4	4,49	
H ₂	2	0	2	2,25	
H ⁺²	1	0	1	1,12	
H ₂ O	0	2	2	2,25	
Sn	1	0	1	1,12	
HCl	1	0	1	1,12	
SnCl ₄	1	0	1	1,12	
SnCl ₂	1	0	1	1,12	
Outras	0	1	1	1,12	
Não responderam	1	0	1	1,12	
Não responderam nada	3	1	4	4,49	

Tabela 5: Síntese do conjunto de respostas das espécies oxidada e reduzida

Categoria	1ª vez	2ª vez	Nº de alunos	%	Total
ESPÉCIE OXIDADA E ESPÉCIE REDUZIDA					
Sn; O	33	6	39	43,82	89
SnCl ₄ ; H ₂ O	1	1	2	2,25	
Sn; Cl	6	4	10	11,23	
Sn; O ₂	3	0	3	3,37	
Sn ⁺² ; O ₂	2	0	2	2,25	
Sn; H	3	1	4	4,49	
Sn; H ₂	2	0	2	2,25	
SnCl ₂ ; HCl	1	1	1	1,12	
SnCl₂; H₂O₂	9	3	12	13,48	
Sn ⁺² ; H ⁺²	1	0	1	1,12	
Sn ⁺² ; O	1	0	1	1,12	
Sn⁺²; O⁻¹	1	0	1	1,12	
Cl; Sn	1	0	1	1,12	
SnCl; H ₂ O	0	1	1	1,12	
Sn ⁺² ; O ₂ ⁻²	1	0	1	1,12	
H ₂ O; SnCl ₂	1	0	1	1,12	
SnCl ₄ ; H ₂ O ₂	1	0	1	1,12	
Outras respostas	1	1	2	2,25	
Não responderam nada	3	1	4	4,49	

Considerações Finais

A aprendizagem da química envolve a utilização de fórmulas, equações e símbolos. Por isso, desde o início da discussão do conteúdo de Eletroquímica, ou seja, no ensino médio o professor deve trabalhar de forma a articular os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, sem priorizar a memorização, mas procurando mostrar suas inter-relações conceituais .

A análise dos dados evidenciou o fato dos estudantes não relacionarem os aspectos quantitativos e qualitativos do processo eletroquímico, o que pode ser conseqüência da forma sintetizada como é abordado este tema em sala de aula, sendo apenas através da utilização de algoritmos.

A maioria dos alunos não relaciona os processos apresentados nas questões aos conhecimentos prévios das propriedades químicas dos metais segundo a classificação periódica dos elementos.

Embora na questão um item *a* e *b* foram explorados o mesmo conceito, a diferença dos resultados revela que os estudantes, mesmo reconhecendo o processo, apresentam dificuldade em representá-lo.

Devido à coerência e persistência das concepções alternativas que os estudantes demonstram em reações de oxirredução, há necessidade de uma nova abordagem conceitual e metodológica, cujo processo deve ser precedido de uma adequada formação dos professores e que estes não se prendam na seqüência apresentada nos manuais didáticos disponíveis, possibilitando assim uma maleabilidade e adequação dos conteúdos e seus conceitos.

Referências Bibliográficas

Atkins, P.; JONES, L. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 1ªed., Porto Alegre: Bookman, 2001.

Bueso, A.; Furió, C.; Mans, C. "Interpretación de las reacciones de oxidación reducción por los estudiantes. Primeros Resultados" . *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n. 3, 1988, p.244-248.

Caramel, N. J. C.(2006). Conceitos de Eletroquímica e a circulação de corrente elétrica. São Paulo, Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo Instituto de Física – Depto. de Física Aplicada, Orientador: Profª. Drª. Jesuína Lopes de Almeida Pacca.

Finley, E.N.; Stewart, J.; Yaroch, W.L. "Teacher's perceptions of important and difficult science content". *Science Education*, 66, 1982, p.531-538.

Garnett, P. J.; Treagust, D.F. "Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations". *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, n.2, 1992a, p.121-142.

_____. "Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells" . *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, n.10, 1992b, p.1079-1099.

Krüger, V., Lopes, C. V., Soares, A. R. Eletroquímica para o ensino médio-- Porto Alegre: Área de Educação Química do Instituto de Química da UFRGS, 1997.

Ogude, A.N.; Bradley, J.D. " Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells" . *Journal of Chemical Education*, v.71, n.1, 1994, p.29-34.

_____. " Electrode process and aspects relating to cell emf, current and cell components in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*,v.73, n.12, 1996, p.29-34.

Pacca, J. L .A; Fukui, A.;Bueno, M.C.; Costa, R.H.; Valério, R.M.; Mancini, S. " Corrente elétrica e circuito elétrico : algumas concepções do senso comum" . *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.20, n.2, 2003, p.151-167.

Sanger, M.; Greenbowe, T. "Common student misconception in electrochemistry: galvanic, electrolytic and concentration cells" . *Journal of Research in Science Teaching*.v.34, n.4, 1997a, p.377-398.

_____. "Students' misconceptions in electrochemistry: current flow in electrolyte solutions and the salt bridge". *Journal of Chemical Education*. v.74, n.7, 1997b, p.819-823.

_____. "An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in Electrochemistry". *Journal of Chemical Education*, v.76, n.6, 1999, p. 853-860.

_____. "Adressing student misconceptions concerning electron flow in aqueous solutions with instruction including computer animations and conceptual change strategies". *International Journal of Science Education*, v.22, n.5, 2000, p. 521-537.

Silva, S., M.; Morais, L.; Eichler, M. L; Salgado, T. D. M.; Del Pino, J. C. (2007).Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis: Abrapec,

Silva, S. M. ; Eichler, M. L ; Salgado, T.D. M. ; Del Pino, J. C. (2008). Concepções alternativas de calouros de química para as teorias ácido-base. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba.

CONCLUSÕES GERAIS

Quatro instrumentos diagnósticos foram desenvolvidos para inventariar as concepções alternativas ao conhecimento científico manifestos por estudantes matriculados na disciplina de Química Geral Teórica do IQ-UFRGS vigente no primeiro semestre de 2005. Na averiguação desses conhecimentos buscou-se diagnosticar problemas relacionados à compreensão de conceitos químicos considerados fundamentais para entendimento da química, já que estes conceitos abordados na disciplina introdutória do curso de química e áreas afins serão posteriormente ampliados nas demais áreas do curso.

Os resultados obtidos pelos estudantes nessas averiguações refletem as diferentes associações, analogias e correlações estabelecidas pelos estudantes para estruturar o conhecimento para diferentes fenômenos químicos. Em geral, encontramos nos estudantes dificuldades na seleção e organização de conceitos para expressarem suas respostas tanto a nível macroscópico quanto submicroscópico e simbólico.

Ao se analisarem as vinte e uma questões que constituíram os quatro pré-testes correspondentes às áreas conceituais abordadas na disciplina, percebemos uma relativa homogeneidade de respostas entre os estudantes seja no que tange às dificuldades apresentadas ou às concepções alternativas propriamente ditas.

As questões do primeiro pré-teste versavam sobre o entendimento dos estudantes sobre os estados de agregação da matéria, solubilidade de sal de cozinha e açúcar de mesa, expansão térmica do ar e Mol. Uma atenção quanto aos enunciados das questões estarem próximo do cotidiano dos estudantes foi tomada. Por exemplo, quando elaboramos a questão sobre o tema solução esse foi enunciado a partir de alguns pressupostos, tais como, se está relacionado ao dia-a-dia dos estudantes, além do ponto de vista do currículo de química, ser esse um tema fundamental, pois relaciona-se com transformações químicas, ligações químicas, modelo particulado da matéria, interações químicas, ou seja, o estudante poderá pôr em ação para elaborar seu modelo explicativo algum desses conceitos ou conjunto de conceitos em níveis diferentes na sua estrutura conceitual para explicar o fenômeno.

Em nossa investigação constatamos que os estudantes têm dificuldades de utilizar o modelo atômico-molecular para explicar o processo de dissolução, visto que nenhum estudante referiu-se ao espaço intersticial quando indagados sobre o que existe entre as espécies quando dissolvidas em água. A confusão no uso dos termos e, muitas vezes, o fato do estudante relacionar o processo de dissolução apenas ao soluto foi constatado nas representações por eles realizadas.

Os estudantes, em geral, apresentaram explicações macroscópicas aos conceitos relacionados à solução. Um grande número de estudantes apresenta o conceito de solução, somente como uma mistura homogênea de substâncias, já explicações mais coerentes, em termos de um modelo microscópico para justificar o processo de dissolução, não fora construída por nenhum estudante, pois traziam em algum momento uma terminologia não adequada.

Dentre as dificuldades apresentadas pelos estudantes em relação às questões do primeiro pré-teste evidenciou-se a extrapolação de propriedades macroscópicas da matéria para átomos isolados; modelos equivocados sobre mudanças de estado; dificuldades em compreender a natureza corpuscular da matéria, entre outros.

O segundo pré-teste evidenciou as concepções alternativas dos estudantes sobre Equilíbrio Químico e Termodinâmica. Essas duas áreas conceituais são amplamente investigadas dentro do campo da didática das ciências, sendo em menor grau no ensino superior. Na análise do conceito de Equilíbrio Químico detectamos a partir da solicitação do equacionamento de uma reação entre dois gases, sua representação atômico-molecular quando atingido o equilíbrio e também a construção de uma representação qualitativa da variação da concentração de um reagente e produto em função do tempo quando este atinge o primeiro equilíbrio após um tempo de reação e a representação do segundo equilíbrio após a alteração da concentração do reagente. Evidenciou-se uma incompreensão do conceito e da representação de equilíbrio químico, justamente por esse conceito exigir uma relação com outros como, por exemplo, estequiometria, visão microscópica da reação química, reversibilidade de reações e cinética química.

Nas representações atômico-molecular das espécies no estado de equilíbrio para a reação entre dois gases se revela uma dificuldade na

compreensão da coexistência de reagentes e produtos no meio reacional. Os estudantes na maior parte representam apenas o produto final. Há uma compreensão inadequada da equação química: pela ausência da representação que abarca os estados físicos das espécies e pelo uso indistinto da seta que representa um estado de equilíbrio entre reagentes e produtos. Esses resultados revelam uma dificuldade no que se refere à linguagem química, levando a modelos alternativos para expressar o entendimento por parte dos estudantes.

As representações apresentadas pelos estudantes relacionam o estado de equilíbrio químico à ausência de alterações nos sistemas e pela representação de alguns estudantes pode-se inferir inclusive que consideram reagentes e produtos em recipientes separados. Entre as principais concepções e dificuldades apresentadas pelos estudantes, em relação ao tema, está o fato do estudante considerar o equilíbrio como uma situação estática e interpretar e representar incorretamente a dupla seta; aplicação equivocada e indiscriminada dos fatores perturbadores do estado de equilíbrio, representação errônea das reações químicas, entre outros.

Ainda no segundo pré-teste decidimos por elaborar questões abordando conceitos integrantes às leis da Termodinâmica assim como: calor, temperatura, trabalho, energia, reversibilidade, entre outros.

As concepções dos estudantes sobre calor e temperatura incidem sobre a idéia de que a quantidade de calor fornecida/transferida a uma substância é função apenas da temperatura final da substância ou quantidade de calor é sinônimo de temperatura. Ainda há a concepção de entender calor como uma substância e não como uma forma de energia. Há ainda, muito embora em menor quantidade do que em outros questionamentos algumas incoerências nas explicações, e pelas categorias por nós elencadas termos tais como transferência, calor, corpo mais quente, corpo mais frio, temperatura, equilíbrio térmico surgem em grande parte das explicações dos estudantes, mas nem sempre adequadamente e confirmando o que a literatura nos aponta como características principais das concepções alternativas de calor e temperatura: o calor é uma substância; existem dois tipos de calor: o quente e o frio e o calor é diretamente proporcional à temperatura.

Outra questão analisada apresentava uma tabela com algumas substâncias inorgânicas consideradas bastante conhecidas e solicitava-se a classificação quanto ao caráter ácido, básico ou neutro quando dissolvidos em água. A classificação de compostos baseada em características de comportamento é muitas vezes a primeira etapa na compreensão e reconhecimento de substâncias ácidas e básicas.

Necessitava-se o conhecimento de algumas propriedades químicas e físicas de elementos que compõem as famílias da tabela periódica, além do entendimento de funções inorgânicas. A questão não solicitava a apresentação das equações iônicas que descrevessem as dissoluções, mas constatamos em outras questões desta área conceitual, tais como na questão que solicitava aos estudantes a explicação do por que na reação de HCl com H₂O, o HCl é considerado um ácido identificamos problemas na compreensão e representação do processo de dissociação iônica; explicações equivocadas e mecânicas para justificar o caráter ácido, utilização de definições ácidas segundo às teorias de Arrhenius pelo fato de expressarem que em água ocorre a liberação/produção de íons H⁺.

Um grande percentual de estudantes expressa entendimento do por que o HCl é considerado um ácido quando dissolvido em água a partir dos termos: liberação e dissociação de íons H⁺/H₃O⁺. Sendo que nenhum dos estudantes recorreu ao termo ionização para a explicação do fenômeno, visto que este abarca uma melhor significação para o processo de dissolução. Já é de longa data a discussão realizada sobre a aplicação dos termos dissociação e ionização, inclusive no artigo Schultz, 1997 e que gerou resposta no artigo de Sharon, 1998 foi apresentado definições e especificações de uso para os termos, propondo uma atenuação nas ambigüidades que geralmente estão associadas ao uso destas, inclusive em manuais didáticos. Desse modo, Sharon (1998) propôs definições e uso em geral e em solução aquosa para ionização e dissociação.

Os estudantes não apresentam uma progressão conceitual das teorias ácido-base, muitos permanecem com a concepção de ácido e base segundo a teoria de Arrhenius causando sérias limitações aos entendimento de outras reações e modelos explicativos.

Verifica-se em manuais didáticos a grande ênfase que se dá ao desenvolvimento de habilidades aritméticas nos exercícios propostos, ou seja, não há discussão do papel desses cálculos na compreensão dos modelos.

Desta forma constatamos nas respostas dos estudantes quando solicitados a expressarem a razão entre as concentrações de íons H_3O^+ de alguns pares de substâncias a partir de um conjunto de substâncias e dado seus respectivos pHs uma dificuldade de compreensão, pois o que normalmente eles realizam é simplesmente a aplicação da fórmula de pH e como incógnita encontra-se o valor da concentração de íons H_3O^+ . Os estudantes demonstram o não entendimento do conceito de pH, desconhecem que é para converter pH para a concentração de H_3O^+ , revertemos o sinal do pH e tomamos seu antilogaritmo. Muitos estudantes apenas inadequadamente expressaram a razão entre os pHs dos pares de substâncias fornecidas. A dificuldade com o ferramental matemático é bastante recorrente nesta questão.

No inventário das concepções alternativas relativas ao conhecimento de Eletroquímica percebemos também grande dificuldade dos estudantes em utilizarem os conceitos de forma adequada. Há uma variedade de representações na apresentação das respostas. Há uma dificuldade generalizada na representação da espécie oxidada e reduzida. Todas essas constatações vêm ao encontro do que já comentamos anteriormente que é a dificuldade da utilização da linguagem química. No caso da representação da espécie oxidada e reduzida os estudantes expressam em maiores percentuais o átomo do elemento químico e não a espécie que perde ou ganha elétrons, ou seja, o íon, ficando implícito o conhecimento dos estudantes sobre os conceitos de oxidação e redução, além de não ser uma notação que expresse um significado condizente com a definição do conceito. Essa falta de padronização da notação química também é um dos fatores motivadores das incompreensões conceituais.

Consideramos, neste trabalho, que em um processo de evolução conceitual, as concepções alternativas dos estudantes devem ser identificadas pelo professor e reconhecidas pelos estudantes para que possam ser resignificadas.

Admitimos que as concepções alternativas coexistirão com as novas informações, os estudantes podem, então, discernir qual devem acionar para

explicarem os fenômenos conforme o contexto, sendo necessário que as concepções sejam desestruturadas e reconstruídas dentro da visão científica.

No que diz respeito aos professores, é necessário também que eles adotem uma postura que propicie a reformulação conceitual, desenvolvendo assim atividades que levem o estudante a percorrer o caminho desde as suas concepções alternativas até as concepções científicas, não bastando apenas detectar as concepções erradas dos estudantes, mas utilizá-las em suas proposições pedagógicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Carrascosa, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Analisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v. 2, n. 2, p. 183-208, 2005.
- Fensham, P.J. Implication, large and small, from chemical education research for the teaching of chemistry. *Química Nova*, 25 (2), 335-339, 2002
- Giordan, A.; De Vecchi, G. As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Porto Alegre: ARTMED, 1996.
- Garriz , Andoni; Trinidad-Velasco, Rufino. Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la matéria. *Educación Química*, v. 2, n. 14, 2003. Disponível em: <http://garriz.com/andoni_garriz_ruiz/documentos/trinidadgarriz.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2008
- Lima, A., Ribeiro, V, Marcondes, M.E. Atividades Experimentais no Ensino de Química: Reflexões de um grupo de professores a partir do tema Eletroquímica. *Enseñanza de las ciencias*, Número Extra. VII Congresso, p. 1-4, 2005.
- Lüdke, M. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- Pacca, J. L. A., Villani, A. Categorias de análise nas pesquisas sobre conceitos alternativos. *Revista de Ensino de Física*, Vol. 12, p. 123-138, 1990.
- Rosa, M. F. P., Schnetzler, R. P. A Investigação-Ação na formação continuada de professores de ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 1, p. 27-39, 2003
- Santos, M. Mudança conceptual na sala de aula – Um desafio pedagógico”. Livros horizonte, 1991.
- Schultz, E. Ionization or dissociation?. *Journal of Chemical Education*, Vol. 74, N° 7, July, p.868-869, 1997.

Sharon, J. B. Ionization or dissociation?. *Journal of Chemical Education*, Vol. 75, N° 9, September, p. 1089, 1998.

Silva, S. M.; Eichler, M. L., Del Pino, J. C. As percepções dos professores de química geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. *Química Nova*, v. 26, n. 4, pp. 585-594, 2003.

Taber, K. S. Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 2 (2), 123-158, 2001.

Taber, K. S. Chemistry lessons for universities?: a review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4 (2), 63-72, 2000.

ANEXOS

ANEXO 1

Carta-convite enviada aos professores do Instituto de Química.

Senhor (a) Professor(a),

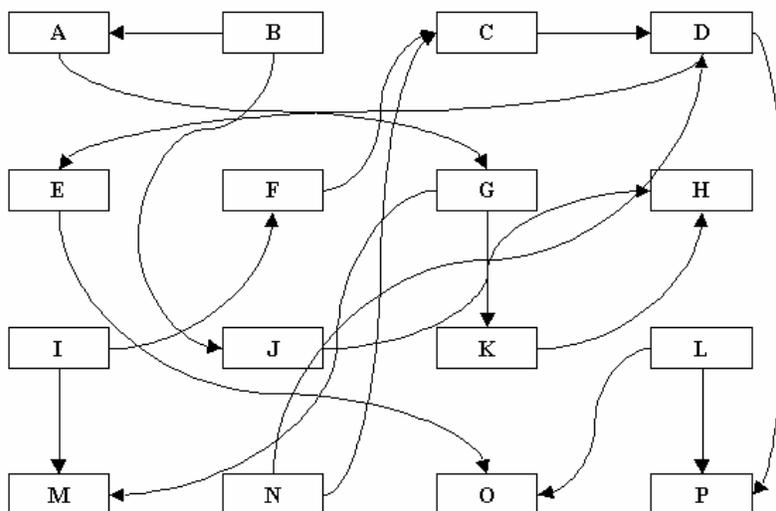
A produção de livros técnicos e científicos de qualidade é um contínuo desafio que tem sido perseguido por nossa editora. Com o contínuo desenvolvimento de novas tecnologias de comunicação e de informação outras possibilidades se apresentam e novos caminhos devem ser trilhados.

Entre essas tecnologias se destaca a hipermídia, que consiste em um conjunto de tópicos de informação interligados ativamente, de forma a possibilitar consultas imediatas em ordem ditada pelo leitor. No entanto, materiais didáticos que incorporam a tecnologia de hipermídia necessitam de um outro tipo de estrutura, a qual nossa editora ainda deve se adaptar.

É bem sabido que a produção de materiais didáticos envolve a estruturação do sistema conceitual que nele será abordado. Porém, o repertório conceitual de uma área de conhecimento é inter-relacionado de uma maneira complexa e forma sistemas conceituais, nos quais os atributos que definem um determinado conceito abrangerão outros conceitos, e este conceito, por sua vez, estará incluído na definição de outros. A analogia da consulta em dicionários pode ser útil para se formar uma imagem da extrema inter-relação dos conceitos. A maioria dos verbetes dos dicionários é remissivo, os conceitos são definidos em termos de outros conceitos. Além do mais, a estruturação e a apresentação dos conceitos em materiais didáticos dependem das tecnologias disponíveis.

Em nossos livros técnicos e científicos, em geral, os autores utilizam uma estrutura linear, hierárquica e progressiva de apresentação conceitual. Assim, os tópicos mais fundamentais são apresentados antes daqueles mais elaborados. Além disso, nossos livros apresentam, entre outros, sumário e índices remissivos (analítico e onomástico) para orientar a consulta do leitor.

Entretanto, em hipermídia a apresentação conceitual é diferenciada. A estrutura em hipermídia é radial e polierárquica, nela os tópicos já se encontram remissiva e ativamente interligados. Nesse caso, a leitura em hipermídia pode ser facilitada pelo uso de esquemas que indicam as principais inter-relações presentes nesses materiais. A figura abaixo sugere um exemplo desse tipo de estrutura:



Nossa editora, ciente de seus compromissos para com o ensino superior, está buscando se adaptar a esses novos tempos para continuar a produzir materiais didáticos de qualidade. Uma vez que entendemos que o desenrolar conceitual de uma certa área do conhecimento necessita ser pensado, debatido e avaliado, concluímos que uma reorientação de nossa linha editorial se faz necessária. Para tanto, a consultoria de especialistas em conteúdos passa a ser imprescindível.

Por isso, vimos através da presente convidar o(a) Sr(a) para participar conosco do processo de produção de nossos novos materiais didáticos hipermídia. Nesse sentido, pensamos que a resposta as seguintes questões pode ser auxiliada através da confecção de um diagrama similar ao aqui apresentado. Para tanto, gostaríamos que o(a) Sr(a) nos indicasse:

- 1) quais são os principais conhecimentos necessários a um bom entendimento de Química Geral?;
- 2) como podem esses conhecimentos ser classificados?;
- 3) de que forma (maneira, modo, jeito) esses conhecimentos se inter-relacionam?

Certos de sua atenção colocamo-nos a disposição para quaisquer maiores esclarecimentos.

Cordialmente,

Sua Editora.

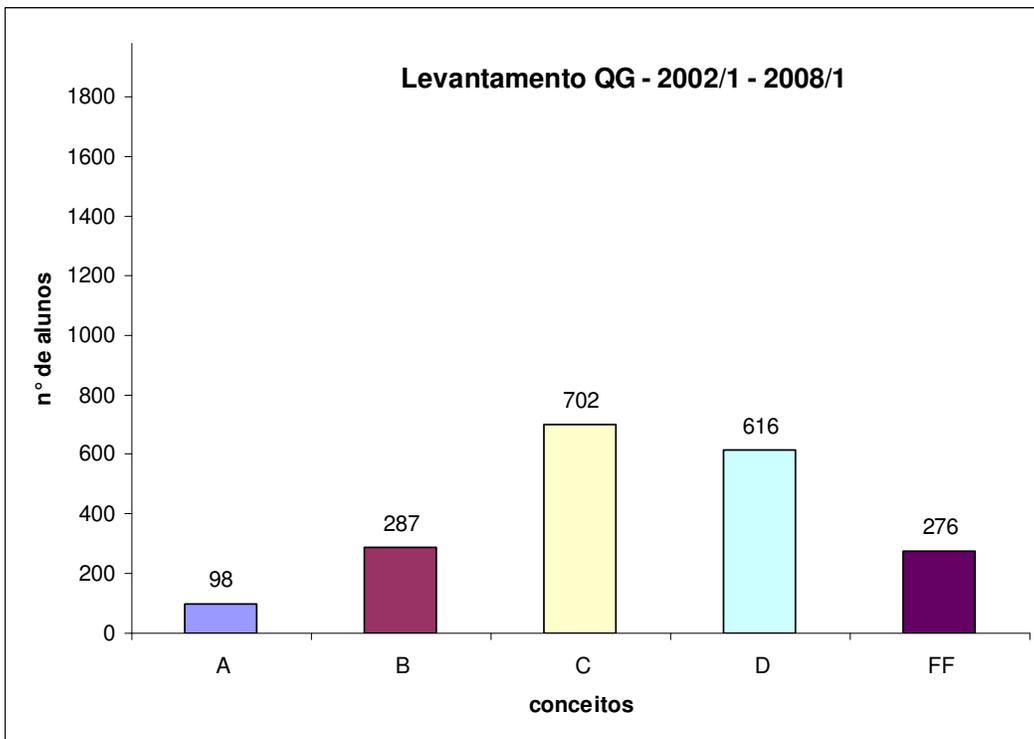
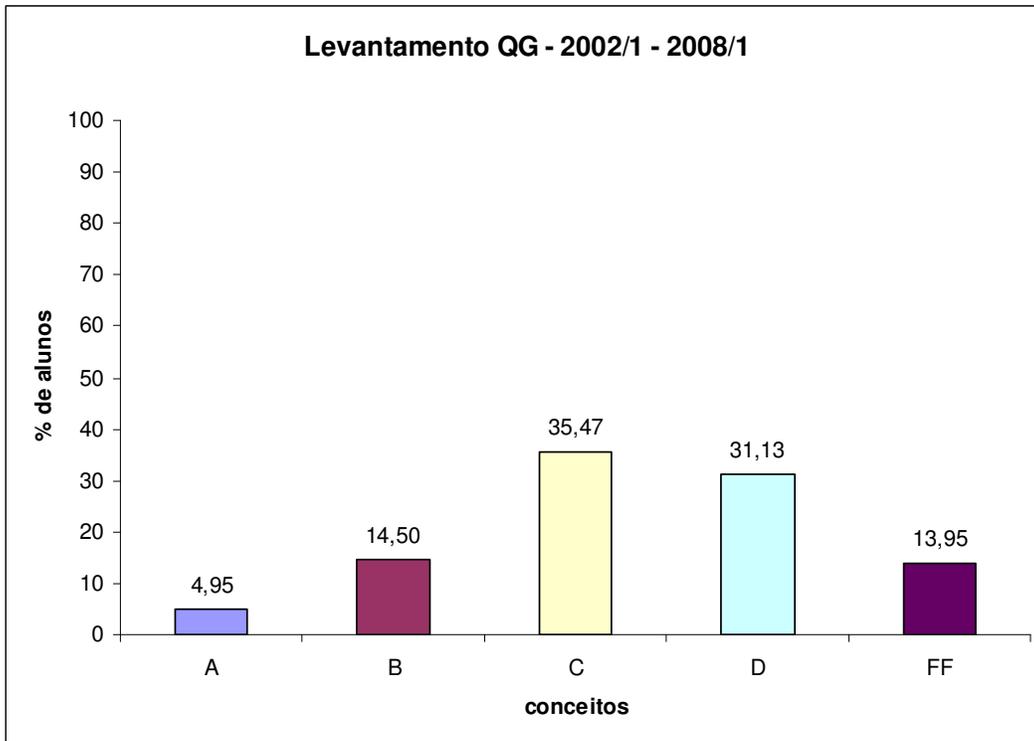
ANEXO 2

Entrevista semi-estruturada realizada com os professores de Química Geral

1. Que tipo de conhecimento é necessário para a adequada compreensão da linguagem química, apresentada nos materiais didáticos de Química Geral no ensino superior?
2. O enredamento da Química subjaz à compreensão de suas linguagens. Isso nos faz supor que deve haver uma maneira mais adequada para descrever e explicar essa ciência. Comente sobre o assunto.
3. Na sua opinião, as relações estabelecidas entre a química, a matemática e a física são suficientes para a adequada compreensão e expressão do conhecimento em questão?
4. Sob quais condições foi feita a seleção dos conceitos representados graficamente?
5. Como você elaborou essa representação conceitual? Descreva o seu processo criativo.
6. A que critério obedece a orientação adotada para expor a migração dos conceitos das quatro subáreas da Química para os de Química Geral?
7. Há algum conceito que se pode considerar a síntese do conhecimento em química geral? Por quê?
8. A estrutura apresentada segue a alguma hierarquia conceitual?
9. Quando comparamos, associamos coisas diferentes através de características que lhes são comuns. Quais foram os critérios utilizados para estabelecer as relações entre os conceitos?
10. A maneira como se estrutura o desenvolvimento de um determinado assunto, muitas vezes deixa subtendida ou omite-se algo. Numa análise mais posterior dessa representação, haveria a inserção ou exclusão de algum conceito?

ANEXO 3

Levantamento dos Conceitos na disciplina de química Geral 2002/1- 2008/1



ANEXO 4

Pré-Teste da Unidade 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
DISCIPLINA: QUI01004 – QUÍMICA GERAL TEÓRICA

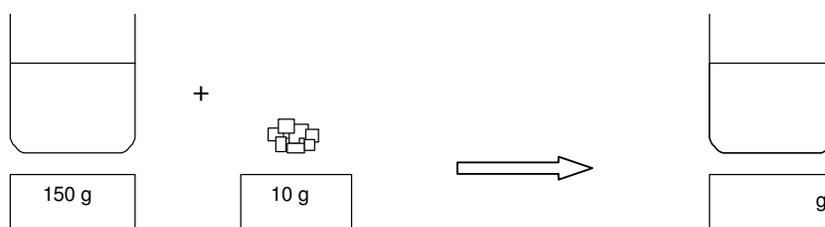
PRÉ-TESTE – UNIDADE 1

NOME: _____

CURSO: _____

Está cursando esta disciplina pela 1ª vez? _____

- 1) Uma certa quantidade de água foi colocada em um copo e sua massa foi determinada usando uma balança. A massa do copo e da água foi de 150 g. A seguir, 3 cubos de açúcar foram pesados separadamente, totalizando 10 gramas, e adicionados à água.



- a) Preencha, no quadrinho acima, o valor da massa do copo com o seu conteúdo, ao final do processo descrito.
- b) Explique o que aconteceu com o açúcar e com o nível da água.

- 2) 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?

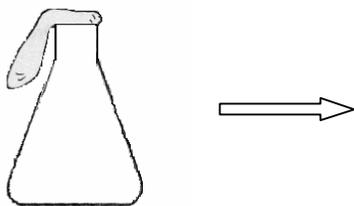
3) a) Usando o símbolo "○" para a molécula de água, represente a água pura nos estados sólido, líquido e gasoso:



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

4) 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.

5) O que você entende por "MOL"?

ANEXO 5:
Pré-Teste da Unidade 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
DISCIPLINA: QUI01004 – QUÍMICA GERAL TEÓRICA

PRÉ-TESTE – UNIDADE 2

NOME: _____

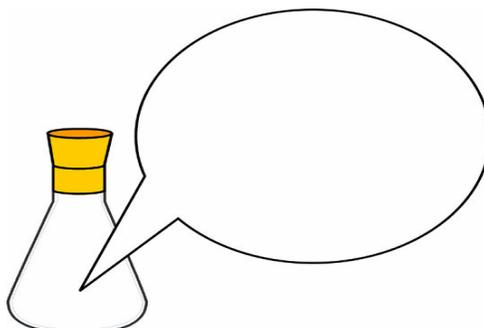
CURSO: _____

Está cursando esta disciplina pela 1ª vez? _____

1) Em um recipiente de 1 litro, são colocados 1 mol de hidrogênio gasoso (representado por OO) e 1 mol de iodo gasoso (representado por $\text{●}\text{●}$)

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

b) No desenho abaixo, faça uma representação atômico-molecular das espécies no estado de equilíbrio para essa reação.

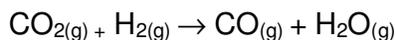


2) A reação química do problema 1 é exotérmica e seu K_c , a 25°C , é 794. Considerando que o hidrogênio é um gás incolor, o iodo é um gás violáceo e o produto da reação entre eles é um gás incolor,

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

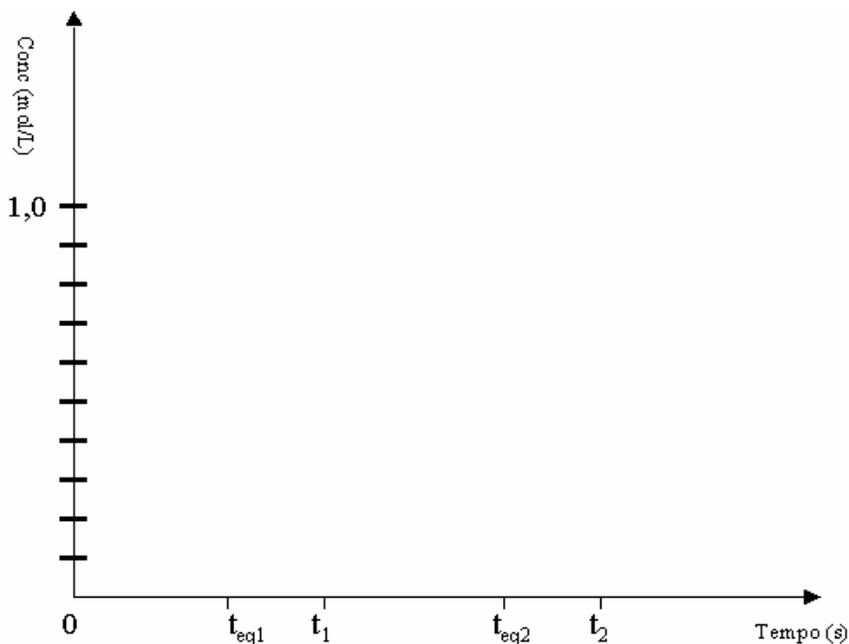
b) O que se pode prever sobre a cor e o comportamento das moléculas se o recipiente da mistura em equilíbrio for colocado em um lugar mais quente? Por quê?

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 ($t_{\text{eq}1}$) 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 ($t_{\text{eq}2}$) em que o sistema atinge um novo estado de equilíbrio.

4) Dois cubos de gelo foram colocados em um copo com água a 25°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.

ANEXO 6:
Pré-Teste da Unidade 3

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
DISCIPLINA: QUI01004 – QUÍMICA GERAL TEÓRICA

PRÉ-TESTE – UNIDADE 3

NOME: _____

CURSO: _____

Está cursando esta disciplina pela 1ª vez? _____

1) Por que o pH da água pura, a 25 °C, é 7,0, ou seja, por que a água é considerada uma substância neutra?

2) Na reação de HCl com H₂O, por que o HCl é considerado um ácido?

3) Classificar as substâncias abaixo quanto ao caráter ácido, básico ou neutro, quando dissolvidos em água.

HCl _____

NaOH _____

CaO _____

CO₂ _____

NaCl _____

NaHCO₃ _____

NH₄Cl _____

4) Considere as substâncias abaixo e os respectivos pH:

Substância	pH
Ácido de bateria	1,0
Vinagre	3,0
Água mineral com gás	4,0
Leite de vaca	7,0
Limpador com amônia	12,0

Qual é a razão entre as concentrações de íons H_3O^+ para os seguintes pares de substâncias:

a) vinagre / ácido de bateria =

b) água mineral com gás / leite de vaca =

c) limpador com amônia / leite de vaca =

ANEXO 7:
Pré-Teste da Unidade 4

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
DISCIPLINA: QUI01004 – QUÍMICA GERAL TEÓRICA

PRÉ-TESTE – UNIDADE 4

NOME: _____

CURSO: _____

Está cursando esta disciplina pela 1ª vez? _____

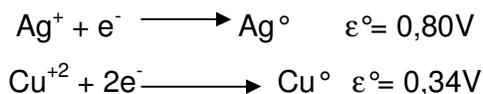
1) Para a reação química abaixo representada



a) determine os números de oxidação do Sn, Cl, H e O em cada substância, escrevendo-os nos quadrinhos acima delas.

b) entre os reagentes dessa reação, qual espécie é oxidada e qual espécie é reduzida?

2) Uma célula galvânica é formada pelos seguintes eletrodos no estado padrão, a 25°C:



a) Qual dos eletrodos será o ânodo da célula? Porque?

b) calcule o valor da ddp (diferença de potencial, ou f.e.m.) desta célula.

c) escreva a equação da reação que ocorre espontaneamente nesta célula.

3) Quais são as diferenças existentes entre células galvânicas e eletrolíticas, quanto aos seguintes aspectos:

a) espontaneidade

b) produção de corrente elétrica

c) geração de energia

4) Se deixarmos um prego exposto ao ar úmido por um longo tempo, observaremos a formação de ferrugem. Sobre esse fenômeno, responda as seguintes perguntas:

a) se determinarmos a massa do prego enferrujado, obteremos uma massa menor, igual ou maior que a inicial? Porque?

b) qual a substância que foi oxidada e qual a que foi reduzida?

5) (Essa questão tem por objetivo abordar a relação entre estado de oxidação e eletronegatividade dos elementos químicos, que justificam a maior ou menor

atração por elétrons, que por sua vez se manifesta na determinação do estado de oxidação)

Então:

Qual o estado de oxidação do hidrogênio nos compostos LiH e HF? Qual propriedade periódica justifica o(s) estado(s) de oxidação do hidrogênio nesses compostos?
