

Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza

**O ensino universitário de Química em descompasso:
dificuldades de futuros professores na construção do
pensamento químico**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Química como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Química.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Alves
Cardoso

Araraquara
2007

FICHA CATALOGráfICA

S731e	Souza, Karina Aparecida de Freitas Dias de O ensino universitário de Química em descompasso : dificuldades de futuros professores na construção do pensamento químico / Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza. -- Araraquara : [s.n], 2007 128 f. : il. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química Orientador: Arnaldo Alves Cardoso 1.Educação. 2. Formação de professores. 3. Pensamento químico 4. Construção do conhecimento científico I. Título.
-------	--

Elaboração: Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação do Instituto de Química de Araraquara

Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação

Dedicatória

*Aos direta e indiretamente responsáveis
pelo ensino em diferentes níveis e
domínios, especialmente aos
futuros professores, na certeza
de que “um sonho que se sonha só
é só um sonho...”.*

Agradecimentos

Em especial ao Prof. Dr. Arnaldo Alves Cardoso pela orientação, confiança, paciência, incentivo e, sobretudo, pela disposição em embrenhar-se na pesquisa em ensino de Química, sempre acreditando na realização desse trabalho. Por tudo isso, mais que meus agradecimentos: minha sincera admiração.

Com imenso amor agradeço

À minha mãe, Marildy, maior e melhor amiga. Sem as longas conversas, o incalculável apoio e sem sua incrível confiança de que “para nós só acontece o que é bom”, esse momento que agora vivemos, e que dedico a você, não seria possível. Obrigada por seu amor e por acreditar em mim.

A Marcelo, por dividir os momentos de angústia, os anseios, as dúvidas, as esperanças, as alegrias e planos. Sou muito feliz por seu amor e cumplicidade.

Pelo apoio e amizade agradeço

À amiga Camila pelas longas conversas e discussões, pelo apoio e por partilhar comigo a paixão pela Educação. Que esse seja apenas o começo!

À amiga Anielli pelo crédito, torcida e mais uma oportunidade de trabalho.

Às amigas Bel e Tati Maria pelo apoio e conversas desinteressadas, sempre muito importantes!

A Bete, Cristine, Marcos, Erica, Márcio, William, Adriana e amigos do laboratório de Química Ambiental e Análise de Traços pelo crédito, conversas e inúmeras risadas.

Aos licenciandos em Química da UNESP-Araraquara que participaram da pesquisa, pela inestimável presteza e inesgotável paciência, sem as quais a realização desse trabalho não seria possível... Muito obrigada!

Aos Profs. Drs. Oswaldo Garcia Júnior e Clóvis Augusto Ribeiro, pelo espaço onde se desenvolveram as atividades que deram início a essa pesquisa.

À Profas. Dras. Roseli Pacheco Schnetzler e Rosaria Justi e ao Prof. Luiz Antonio de Oliveira pelas valiosas contribuições e orientações.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Com base na convicção de que a essência do conhecimento químico está na manipulação de entidades microscópicas e de que, por esse motivo, é fundamental que aqueles que se propõem a aprofundar-se nos domínios dessa ciência tenham acesso à sua peculiar forma de trabalho e raciocínio, o presente trabalho teve por objetivo investigar qual o papel atribuído por licenciandos em Química às discussões acerca da natureza dessa disciplina, com especial atenção à exploração dos fenômenos em nível microscópico. A coleta de dados deu-se a partir de duas atividades com objetivos complementares, e que serviram de base para entrevistas. Na primeira atividade, então, os estudantes *discorreram*, dentre outros aspectos, sobre a importância da presença de discussões acerca da natureza da Química e das discussões dos fenômenos em nível teórico-conceitual em situações de ensino-aprendizagem. Já na segunda atividade, situações-problema eram apresentadas e passava-se a um momento onde aos estudantes era dada a oportunidade de *aplicar* suas estratégias de raciocínio e interpretação de fenômenos. Desenvolveu-se uma análise de conteúdo à luz da compreensão epistemológica da Química tanto dos dados emergidos das atividades quanto das entrevistas. Num primeiro momento, os resultados vêm corroborar com a já alarmada ausência de reflexões epistemológicas nos cursos de formação inicial, responsável pela insistente ocorrência de concepções distorcidas de ciência e conhecimento científico identificadas ao longo da pesquisa. Uma análise mais cuidadosa, porém, traz à tona a contradição entre a concepção de ciência Química “vendida” nas universidades, depreendida da dificuldade apresentada pelos estudantes na construção do raciocínio abstrato e na discussão de sua importância, e as expectativas não correspondidas desses licenciandos. Assim, apesar de não conseguirem, de forma geral, estabelecer discussões aprofundadas acerca da epistemologia da Química, a maioria dos estudantes busca nas proposições em nível teórico-conceitual as bases para a melhor fundamentação (ou mesmo entendimento) dos fenômenos discutidos.

Palavras-chave: ciência Química, formação de professores, nível microscópico

ABSTRACT

Based in the conviction that the essence of the chemical knowledge is the microscopic entities manipulation, the present work investigates the role attributed by Licenciature in Chemistry students to the discussions about the nature of Chemistry, dedicating especial attention to the phenomena exploration in a microscopic level of understanding. Intending the data collection, two activities were proposed, giving the base for the interviews. In the first activity, the students reflected and talked about importance of the discussions about the nature of Chemistry and the interpretation of natural phenomena in a theoretical-conceptual level in teaching and learning situations. In the second skill problem-situations were presented and, to the students, was given the opportunity of applying their reasoning and solving problems strategies. The data collected from the activities and interviews were submitted to a content analysis, based on the Chemistry epistemological comprehension. In a first moment the results corroborate the already alarmed absence of epistemological reflection in the initial formation courses, responsible for insistent occurrence of distorted conceptions about science and scientific knowledge identified in this research. A more careful analysis, however, brings to light the contradiction between the conception about Chemistry science “sold” in the universities and the students non corresponded expectations. Thus, despite failing, in a general way, in the establishment of deep discussions about Chemistry epistemology, the students majority quest in the explanations in a theoretical-conceptual level the basis for a better grounding (or understanding) of the discussed phenomena.

Keywords: Chemical science, teachers formation, microscopic understanding.

SUMÁRIO

RESUMO.....	05
ABSTRACT.....	06
APRESENTAÇÃO.....	09

CAPÍTULO 1 – ORIGENS DO ESTUDO

1.1. Raízes da inquietação ou primeira pesquisa.....	12
1.1.1. Apresentando os questionários aos licenciandos em química.....	17
1.2. Considerações sobre o objeto de pesquisa e definição das questões sob investigação.....	30

CAPÍTULO 2 – DEFININDO CONCEITOS ESSENCIAIS E DEMARCANDO UM REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Realidade: construção social x construção subjetiva.....	33
2.1.1. O universo simbólico da ciência.....	36
2.2. Epistemologia e pedagogia: implicações para o ensino de ciências.....	39
2.3. O papel do conhecimento empírico e conhecimento teórico no ensino de ciências: ampliando as discussões.....	44
2.4. O caso da Química.....	48

CAPÍTULO 3 – NATUREZA METODOLÓGICA DA PESQUISA.....53

CAPÍTULO 4 – A INVESTIGAÇÃO

4.1. Primeira atividade: discutindo as diferentes abordagens para o ensino de Química.....	59
4.1.1. O licenciando enquanto futuro professor.....	61
4.1.2. O licenciando enquanto estudante de Química.....	68
4.2. Segunda atividade: outros problemas e as interpretações em nível teórico-conceitual.....	72

CAPÍTULO 5 – A INCOERÊNCIA ENTRE O DISCURSO E A PRÁTICA: CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
REFERÊNCIAS.....	112
APÊNDICE I.....	120
APÊNDICE II.....	122
APÊNDICE III.....	124
APÊNDICE IV.....	125

Apresentação

“A química observa, por um lado, alterações de aspecto de uma matéria proteiforme: é a sua verdade realista. Dá às suas metamorfoses, por outro lado, motivos dissimulados, impalpáveis, imaginários. Não funciona por abstração como a matemática e a física: as causas escondidas têm cada uma a sua fisionomia, a sua morfologia própria. A química postula um mundo microscópico povoado de tribos muito diversas, um teatro onde atores singulares estão empenhados em rituais previsíveis. Esta é a sua fantasia (...)” (Laszlo, 1995, p. 29).

É da “vocação de explicar o tangível pelo conceitual”, peculiaridade da ciência Química, que partem nossos interesses e convicções. É nela que se emaranha o raizame desse trabalho.

Defendendo que a essência dessa ciência e o principal ponto de distanciamento em relação a outras áreas do conhecimento estão na manipulação de espécies fictícias como átomos e moléculas, nossos olhares voltam-se à percepção, por parte daqueles que se propõem a aprender e ensinar essa disciplina - os estudantes de licenciatura - desse aspecto da narrativa química, quando as modificações sensorialmente perceptíveis são projetadas à escala microscópica.

Nesse contexto, perguntamos: qual o papel atribuído pelos licenciandos a essa narrativa? Como a formação universitária vem contribuindo para essa percepção? Existe uma univocidade de interesses e diálogos? São essas as questões que nos propomos a investigar.

A construção dessas questões não foi, no entanto, direta. Elas emergiram e tomaram forma a partir de observações outras, advindas da realização de estudos preliminares, que serão por nós apresentados no intuito de proporcionar ao leitor maior clareza acerca de nossas escolhas e propostas no papel de investigadores. Além disso, historiar o início da pesquisa é, também para nós, um momento de muita riqueza, um resgate dos momentos iniciais de incertezas e tentativas, que traz mais uma vez à tona a sensação tantas vezes angustiante, mas outras tantas inebriante, de *fazer parte* do processo de construção do conhecimento científico.

Dessa forma, no primeiro capítulo descrevemos os antecedentes que nos levaram a essa pesquisa, descrevendo e apresentando os resultados do trabalho que

levantou as primeiras preocupações e curiosidades acerca do caráter abstrato da Química ¹ e de sua percepção pelos estudantes de licenciatura. Decorrem dele, então, os objetos de estudo e as questões sob investigação, apresentados ao final do capítulo.

Os capítulos 2 e 3 apresentam a construção do eixo teórico-metodológico do estudo, consistindo na discussão de conceitos importantes e explicitação de referenciais teóricos, construídos no ir e vir do trabalho, e, na sequência, no detalhamento da natureza metodológica da pesquisa, apresentando o instrumento para coleta de dados: entrevistas baseadas em atividades previamente desenvolvidas. Essas atividades encontram-se justificadas e descritas no capítulo 4, que também contempla a análise dos dados e resultados obtidos. As percepções dos licenciandos acerca do caráter abstrato da Química são, então, apresentadas e as implicações dessas posturas para o ensino de ciências e para a aprendizagem dos próprios participantes enquanto estudantes são discutidas.

Finalmente, o capítulo 5 refere-se às conclusões e considerações finais da pesquisa, onde refletimos, essencialmente, as contribuições dos cursos de formação para a instauração dos resultados observados. Como nenhum processo de investigação pode ser, de fato, concluído, apresentamos outras questões, no intuito de suscitar o interesse para o desenvolvimento de novos trabalhos.

¹ O caráter abstrato ao qual nos referimos e atribuímos à ciência Química está relacionado à imprescindível manipulação mental de entidades teóricas intangíveis, mas que podem assumir formas imaginárias e hipotéticas. A abstração ganha um sentido diferente quando tratamos, por exemplo, da Matemática, a cujos conceitos dificilmente podem ser atribuídos maiores níveis de concretismo.

Capítulo 1

Origens do estudo

1.1. Raízes da inquietação ou primeira pesquisa

O processo de realização de uma pesquisa científica segue um traçado tão tortuoso que as curvas mais acentuadas chegam, às vezes, a provocar alteração do caminho. Não poderia ser diferente com o trabalho agora apresentado.

A preocupação que desencadeou o início da pesquisa foi a grande dificuldade que os graduandos em Química e em Farmácia-Bioquímica matriculados na disciplina de Química Analítica Qualitativa, ministrada pelo professor orientador desse trabalho e oferecida pelo Instituto de Química da UNESP de Araraquara, apresentavam na aprendizagem do *equilíbrio químico*, tema central na disciplina. Diversos trabalhos foram encontrados na literatura referindo-se a esse tema, discutindo diversas concepções alternativas apresentadas por estudantes de diferentes níveis de ensino. Mas porque essa grande dificuldade no entendimento desse tópico?

A elevada hierarquia conceitual necessária para o entendimento do equilíbrio poderia ser uma explicação. Afinal, seu entendimento depende do domínio de conceitos como ligações e reações químicas, estequiometria, formação de soluções, noções de cinética e termoquímica, entre outros conceitos igualmente importantes.

A primeira turma com a qual tivemos oportunidade de ter contato foi o segundo ano de Farmácia-Bioquímica. Optamos pela apresentação de um questionário no primeiro dia de aula, com o objetivo de conhecer as idéias prévias que os estudantes traziam sobre o tema “dissolução - formação de soluções aquosas”. Esse interesse baseou-se no fato de que, durante a vida acadêmica dos estudantes, o tema certamente já fora bastante discutido, dado que está presente em todos os currículos brasileiros de Química de ensino médio e também esteve presente durante o primeiro ano de graduação desses alunos em disciplinas como Química Geral. Além disso, e principalmente, o entendimento qualitativo do processo de formação de soluções é

base para o entendimento de outros fenômenos e conceitos, como propriedades químicas, reações, e o próprio equilíbrio químico, de especial interesse para a disciplina em questão.

A metodologia adotada nessa fase teve por principal eixo orientador a consideração de que *“as pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações internas dele”* (Moreira, 1996). Em outras palavras, as representações internas (ou mentais) são uma tentativa de o indivíduo interiorizar o meio externo que lhe é apresentado, o que inclui idéias e conceitos científicos, por exemplo. Essas representações têm caráter subjetivo, sendo fortemente influenciadas pelos conhecimentos desse indivíduo.

Johnson-Laird (1983) propõe que as representações internas podem ser de três tipos, a saber:

- a) Proposições: representações de significado, que podem ser verbalmente expressas. A estrutura das proposições não mantém, portanto, uma relação analógica ao objeto ao qual elas estão referidas.
- b) Imagens: representações bastante específicas, que detêm muitos dos aspectos perceptivos / sensoriais de determinados objetos ou eventos.
- c) Modelos mentais: representações que estabelecem uma relação analógica com o objeto representado. Por esse motivo requerem certo grau de abstração.

Uma boa forma de compreensão do significado dos termos proposição, imagem e modelo é o exemplo apresentado por Moreira (1996): a expressão “o quadro está na parede” poderia ser representada mentalmente como uma proposição, porque pode ser verbalmente expressa, como um modelo mental, de qualquer quadro em qualquer parede, ou como uma imagem de um quadro em particular em uma parede específica. Considerando a característica memorística e restrita das proposições e a grande especificidade das imagens, Johnson-Laird afirma que as pessoas, em um nível cognitivo mais sofisticado, operam em termos de modelos mentais.

Frente a essas considerações, um primeiro questionário (Apêndice I) foi aplicado a 24 estudantes do segundo ano de Farmácia-Bioquímica, todos matriculados na disciplina Química Analítica Qualitativa, oferecida no primeiro semestre de 2005. O

questionário era composto por duas atividades, ambas referentes à dissolução das seguintes substâncias em água: cloreto de sódio (NaCl), iodo (I₂), ácido clorídrico (HCl) e ácido cianídrico (HCN). Assim, os estudantes deveriam, num primeiro momento, descrever a dissolução dessas substâncias em palavras e, posteriormente, através de um desenho.

A opção pela utilização da escrita em associação à produção de desenhos como tentativa de conhecimento dos modelos mentais que os estudantes apresentavam em relação ao tema deve-se à quase impossibilidade de acessarmos essa tão complexa forma de pensamento. Segundo Morris e Rouse (1986), *“(...) o acesso (às representações mentais) parece limitado ao senso de que as habilidades do pesquisador em capturar os modelos mentais são controladas pela inabilidade dos sujeitos verbalizarem seus modelos”*. Adicionalmente, foram encontrados diversos trabalhos na literatura que propõem a utilização dessa ferramenta na avaliação dos conhecimentos químicos (Yarroch, 1985; Gabel e Samuel, 1987; Lythcott, 1990; Nakhleh, 1993; Smith e Metz, 1996; Sanger, 2000; Vásquez et al, 2001). Esses trabalhos baseiam-se na idéia de que a facilidade em esquematizar o mundo microscópico permite diferenciar os estudantes mais interessados no entendimento de conceitos dos que são meramente solucionadores de problemas. Ou, segundo Nakhleh (1993), os que se envolvem mais com o “por que” da Química do que com o “como”. Um dos trabalhos citados (Smith e Metz, 1996) tratava exatamente do fenômeno de dissolução e da caracterização de ácidos (ou bases) fortes e fracos. Porém, as possibilidades de resposta eram apresentadas na forma de alternativas, o que oferece certa limitação ao raciocínio do estudante, além de estas não considerarem alguns aspectos importantes do fenômeno, como a solvatação, por exemplo.

A utilização de desenhos foi, então, percebida por nós como uma possível alternativa em busca da maior proximidade possível aos modelos mentais dos estudantes e de maior fidedignidade a suas idéias.

Foi da avaliação desses primeiros questionários e da comparação entre as respostas escritas e os desenhos que surgiu a primeira “curva” que levaria à alteração do rumo da pesquisa.

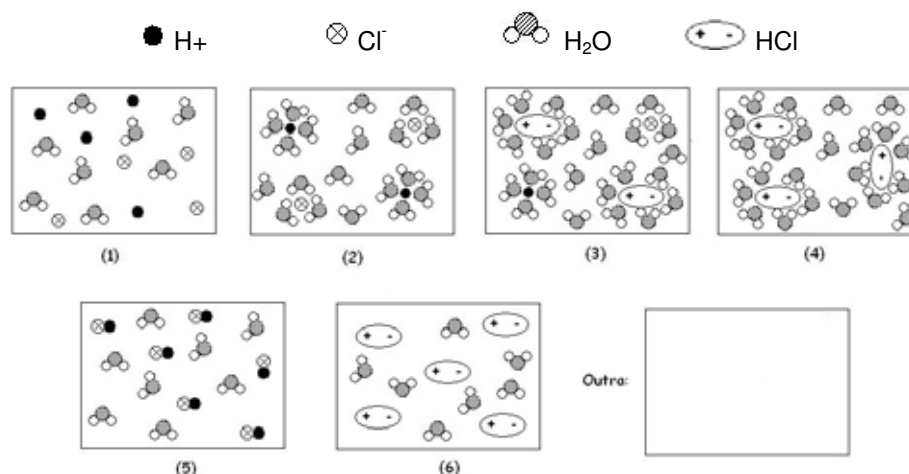
Os estudantes avaliados mostraram grande dificuldade na elaboração dos desenhos propostos, dificuldade essa que muitas vezes não era coerente (ou até mesmo compatível) com a resposta apresentada em palavras: 4,2% dos estudantes não responderam às questões propostas, 12,5% responderam apenas à atividade escrita e 40% dos estudantes que realizaram as duas atividades propuseram desenhos que contradiziam a resposta escrita (Souza e Cardoso, 2005). Além disso, outra observação muito significativa foi a de que a profundidade, a completude e a coerência das respostas diminuía a medida que os exemplos afastavam-se dos comumente apresentados em livros texto, ou até mesmo em sala de aula. Aparentemente, a dificuldade era crescente na seguinte ordem: cloreto de sódio, ácido clorídrico, ácido cianídrico e iodo.

Essa observação levantou uma dúvida (que posteriormente desencadeou a apresentação dessa atividade sob nova forma). Os conceitos envolvidos na dissolução são os mesmos, independente da substância em questão: interações soluto-solvente, polaridade, etc. Estariam os estudantes sentindo-se “desobrigados” da discussão pormenorizada, dado que, em geral, o fizeram na questão referente ao cloreto de sódio, primeira questão a ser respondida no questionário?

A dúvida levou a uma tentativa de modificação da atividade, agora apresentada a 54 estudantes do primeiro ano de bacharelado em Química (Apêndice II) ². A nova proposta consistia na escolha de alternativas, dentre as quais os estudantes deveriam escolher a que melhor representasse a dissolução da referida substância. Os desenhos apresentados nas alternativas foram os desenhos propostos pelos alunos de Farmácia, com a adição de mais algumas opções por nós elaboradas. Segue abaixo um exemplo:

² Cabe esclarecer que a escolha dos sujeitos mencionados (estudantes de Farmácia e, posteriormente, de Química) deveu-se, nesse primeiro momento, ao fato de que esses estavam matriculados na disciplina Química Analítica Qualitativa, ministrada pelo professor orientador desse trabalho. Mais a frente será mencionada a aplicação de questionário semelhante a estudantes de pós-graduação, fato decorrente da curiosidade dos pesquisadores.

Qual dos esquemas abaixo melhor representa uma solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), sabendo que se trata de um ácido forte? Justifique sua escolha. Considere seus conhecimentos sobre ligações químicas, formação de soluções e polaridade das ligações.



O resultado foi ainda mais surpreendente: ainda que considerassem as interações soluto-solvente ao descrever a dissolução do cloreto de sódio, grande parte dos participantes da pesquisa não o fez ao discutir a dissolução das demais substâncias, isto é, consideraram que as partículas de soluto e solvente coexistem independentemente na solução, sem qualquer interação (Souza e Cardoso, 2006).

Essa observação permitiu-nos concluir (ao menos inicialmente) que, de fato, o problema estava na aplicação dos conceitos a situações menos comuns, ou seja, na ausência de um **modelo** para o fenômeno de dissolução. Diante dessa observação, é impossível não refletir sobre qual tem sido o objetivo e o produto do ensino de Química: o domínio teórico-abstrato ou o domínio de representações livrescas e reducionistas?

Os questionamentos e resultados acima apresentados levaram às últimas modificações do método de análise. Assim, foram retirados os pedidos de menção aos conceitos de polaridade e ligações químicas, além de ser proposta uma legenda mais geral para a realização dos desenhos. Essas medidas tiveram por objetivo ampliar as possibilidades de resposta dos estudantes e evidenciar os níveis de descrição preferencialmente utilizados. O novo modelo de questionário (Apêndice III) foi, por sua vez, apresentado a 26 estudantes de pós-graduação, dentre mestrandos e

doutorandos. Mais uma vez, as observações despertaram o interesse para a pouca habilidade na manipulação mental de modelos que explicassem fenômenos microscópicos e para o reduzido número de estudantes que ousavam “aventurar-se” na explicação da solubilização parcial do iodo e do ácido cianídrico, em menor grau (Souza e Cardoso, 2006).

De onde viria essa dificuldade?

A questão acima é de difícil discussão, se considerarmos a constituição do universo escolar como um todo. As posturas e muitas das “certezas” dos estudantes são, sem dúvida, frutos de sua relação com professores, colegas e material de estudo. Não podemos desconsiderar, porém, o aspecto não escolar de aquisição e construção do conhecimento. A assimilação da fala do professor ou do conteúdo de um livro será diferente de estudante para estudante, dado que cada um apresenta características pessoais que fazem dele único. No que se refere à aprendizagem das ciências, suas crenças e relações pessoais (aqui nos referimos às relações não escolares) determinam sua concepção de ciência, o que pode vir a influenciar a maneira com que irá receber o conhecimento científico apresentado. É indiscutível, porém, o papel da mediação docente na estimulação da “imaginação” necessária para o entendimento microscópico dos eventos químicos, na inserção dos estudantes nesse universo que possui linguagem e metodologias particulares.

Foi essa convicção que deu forma à próxima “curva” a ser sofrida: a decisão de focar nossa atenção e dedicar maior aprofundamento na pesquisa com os formandos de licenciatura em Química, futuros docentes responsáveis pela democratização do conhecimento químico.

1.1.1. Apresentando o questionário aos licenciandos em Química

Conforme descrito anteriormente, o objetivo dessa aproximação inicial era buscar reconhecer, ainda que não fosse possível fazê-lo de forma aprofundada, dados os limites da metodologia utilizada nesse momento, as habilidades que os estudantes tinham em lidar com o universo microscópico de entendimento da Química. Até que ponto esses estudantes poderiam extrapolar modelos amplamente discutidos (a

dissolução do cloreto de sódio e a ionização do ácido clorídrico em água, por exemplo) para situações distintas (como a dissolução parcial do iodo e a ionização de ácidos fracos)?

Para alcançar o objetivo proposto solicitou-se que 20 estudantes cursando, no segundo semestre de 2005, o último período de graduação em licenciatura em Química na UNESP-Araraquara, descrevessem qualitativamente o processo de formação de soluções aquosas das já citadas substâncias. A atividade foi desenvolvida ao final de uma aula de Biologia.

Dessa vez, diferentemente das experiências realizadas anteriormente, alguns licenciandos foram novamente procurados, num momento posterior a uma primeira análise dos questionários, para uma breve conversa com objetivo de esclarecer possíveis dúvidas e minimizar interpretações inadequadas de nossa parte enquanto pesquisadores.

Recolhidos os dados iniciais, iniciáramos uma nova empreitada: a elaboração de um sistema de análise das respostas obtidas. Uma primeira leitura do conjunto respostas escritas / desenhos trouxe novamente à tona um aspecto que acabou por determinar o procedimento adotado na categorização dos dados obtidos: a recorrência das incoerências existentes entre as respostas escritas e os desenhos propostos. Nesse contexto, ora os desenhos contradiziam as afirmações das respostas escritas, ora evidenciavam aspectos não mencionados nas mesmas, evidenciando uma riqueza conceitual imperceptível se realizada unicamente a avaliação das questões dissertativas.

Frente a essa observação, optou-se pela criação de “subcategorias” que permitissem a avaliação, em separado, das respostas escritas e dos desenhos. A combinação dessas subcategorias levaria a uma segunda categorização, dessa vez mais relacionada ao aprofundamento teórico-conceitual e adequação do mesmo à questão. O critério que conduziu a análise dos dados priorizou o aspecto relativo às interações soluto-solvente. Dessa forma, as respostas foram consideradas conceitualmente mais ricas à medida que explicitavam mais profunda e adequadamente essas relações. As subcategorias propostas estão descritas abaixo.

a) Respostas escritas

- a.1.** Ausência de resposta.
- a.2.** Simples reprodução do enunciado proposto, sem preocupação com a explicação do fenômeno.
- a.3.** Consideração da existência de algum tipo de interação soluto-solvente, sem descrição do mecanismo.
- a.4.** Consideração e descrição das interações soluto-solvente, mas explicitando um mecanismo diferente do proposto pelo modelo científico.
- a.5.** Consideração e descrição das interações soluto-solvente, explicitando um mecanismo de acordo com o modelo científico.

b) Desenhos

- b.1.** Ausência de resposta.
- b.2.** Somente as partículas referentes ao soluto aparecem representadas.
- b.3.** Tanto as partículas de soluto quanto as de solvente aparecem representadas. Não existe, porém, preocupação com as interações existentes entre elas.
- b.4.** Aparecem as interações soluto-solvente, ainda que de maneira não clara.
- b.5.** As interações soluto-solvente são representadas de forma clara, mas segundo um modelo que difere do academicamente proposto.
- b.6.** Consideração das interações soluto-solvente, explicitando um mecanismo de acordo com o modelo científico.

Conforme mencionado, após a análise e interpretação / categorização das respostas escritas e dos desenhos procedeu-se a comparação entre as informações escritas e pictóricas, com o intuito de verificar a coerência e complementaridade entre elas. Da combinação das subcategorias acima apresentadas, propomos que os estudantes podem ser distribuídos dentre quatro posturas ou níveis interpretativos e explicativos, de acordo com sua maior ou menor habilidade de manipulação do nível teórico conceitual de explicação dos fenômenos químicos.

Foram encontradas muitas semelhanças entre os resultados obtidos nesse trabalho e os obtidos por Benarroch (2000) e Carmo (2005)³, de modo que a leitura da produção dessas duas autoras contribuiu e influenciou muito significativamente a categorização agora apresentada. Conforme será apresentado posteriormente, as categorias propostas não correspondem a uma “rotulagem” do raciocínio do estudante, mas sim a uma postura por ele assumida diante de uma *determinada questão*.

1ª Categoria – Predominância fenomenológica

Alguns estudantes limitaram-se à confirmação das propriedades macroscópicas citadas no enunciado, atendo-se à descrição, apenas em nível fenomenológico, do que pode ser observado experimentalmente. Os desenhos propostos, por sua vez, representavam as partículas oriundas do soluto, apenas com o intuito de explicar a condução (ou ausência de condução) de corrente elétrica mencionada no enunciado, sem que fosse considerado o papel do solvente na dissolução, evidenciando a predominância de um raciocínio meramente funcional, não necessariamente embasado teoricamente. Poderíamos considerar também os estudantes que não elaboraram os desenhos. Porém, impedindo essa afirmação, destaca-se o fato de que esses estudantes foram justamente aqueles que não se disponibilizaram a participar do segundo momento da pesquisa, as entrevistas. Dessa forma, permanece a dúvida acerca de sua postura interpretativa, ainda que as respostas escritas por eles apresentadas sugiram o enquadramento nessa categoria.

³ Benarroch pesquisou diferentes percepções da natureza corpuscular da matéria apresentadas por estudantes em diferentes níveis de ensino, sugerindo a existência de cinco níveis explicativos concernentes a uma maior ou menor habilidade na proposição de explicações microscópicas. Dessa forma, o nível 1 correspondia aos estudantes restritos ao observável, ou seja, àqueles cuja explicação para o fenômeno proposto não passava de uma simples descrição da alteração observada. Na outra extremidade, os estudantes pertencentes ao nível 5 não só mostravam habilidade no raciocínio mental com partículas microscópicas, como também propunham explicações que se mostravam condizentes com os modelos científicos. Os níveis intermediários consideravam, ainda, os estudantes que buscavam, mesmo que não no universo microscópico, uma explicação para o fenômeno observado, e aqueles que faziam uso do raciocínio microscópico, mas de forma dissonante do modelo científico. Carmo, por sua vez, utilizou a categorização proposta por Benarroch em estudo sobre a evolução conceitual de estudantes do ensino médio acerca do tema “soluções”.

Resultados representativos do nível explicativo predominantemente fenomenológico estão apresentados abaixo. 1

Estudante 1

Resposta: O I_2 quando se coloca na água não formam íons, então há inexistência de elétrons para condução de corrente elétrica. A corrente elétrica só é gerada pela movimentação dos elétrons.⁴

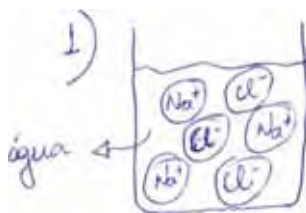
Desenho proposto:



Estudante 14

Resposta: Em água o NaCl se dissocia dando origem aos íons Na^+ e Cl^- . Devido à presença desses íons a solução conduz corrente elétrica.

Desenho proposto:



Estudante 16

Resposta: O HCN por ser um ácido fraco irá se dissociar muito pouco, proporcionando poucos íons a solução e conseqüentemente não será um bom condutor.

Desenho proposto:



⁴ Apesar de não constituir o principal objetivo desse trabalho, é importante chamar a atenção para a permanência de concepções alternativas e de explicações reducionistas evidenciadas durante a avaliação dos questionários. Na resposta apresentada, por exemplo, observa-se o entendimento inadequado acerca do fenômeno da condução de corrente elétrica. Esse conceito, ao lado dos conceitos de "ionização" e "dissociação", mostrou-se muito freqüentemente mal interpretado pelos estudantes.

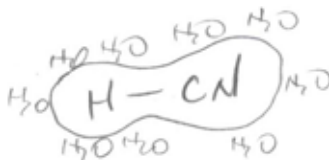
2ª Categoria - Uma pseudo-interpretação teórico-conceitual

Em outra categoria foram agrupados os estudantes que, em determinadas questões, e apesar de esboçarem tentativas de explicitação das interações soluto-solvente em suas respostas escritas e/ou desenhos, o fizeram de forma não clara (não houve a proposição de uma estrutura para essas interações) ou incoerente (respostas escritas que consideravam os aspectos microscópicos da formação de soluções associadas a desenhos que desconsideravam totalmente esse aspecto, ou que o faziam de maneira conceitualmente inadequada).

Estudante 7

Resposta: No caso do $H - CN$, a diferença de eletronegatividade não é tão acentuada, portanto este é um ácido fraco, há poucos íons H^+ e muitas moléculas não dissociadas, conduzindo pouca eletricidade.

Desenho proposto:



Estudante 12

Resposta: Em água há liberação de íons cloreto proveniente do ácido clorídrico e esses íons conseqüentemente conduzem corrente elétrica.

Desenho proposto:



Estudante 17

Resposta: No caso do I_2 , o I_2 é uma molécula apolar (sem polaridade) diferente do sal que é polar (com polaridade). Como não há formação de íons, não observamos a condução de corrente nesta solução, então podemos afirmar que o iodo dissolveu mas não dissociou (porque dissociação nos dá por entender formação de íons).

Desenho proposto:



3ª Categoria - Rumo a uma maior complexidade: interpretação teórico-conceitual em desacordo com o modelo científico

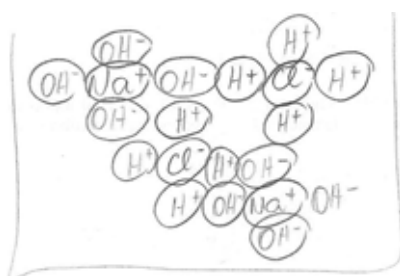
Ainda que não concordantes com o modelo científico, algumas respostas evidenciaram um importante aumento na complexidade de raciocínio, se comparadas àquelas enquadradas nas categorias acima apresentadas. As interações soluto-solvente passam a ser consideradas tanto nas respostas escritas como nos desenhos ou, ainda que não aparecessem nas respostas dissertativas, um mecanismo de interação encontrava-se muito claramente explicitado no desenho. É nesse ponto, fundamentalmente, que esses estudantes diferem da categoria anterior, na qual os respondentes sugeriam a existência de uma interação, ainda que a forma a partir da qual a mesma era estabelecida não estivesse explícita.

Foi possível observar que, em alguns casos, a proposição de um modelo diferente do científico era ocasionada por concepções alternativas fortemente arraigadas na estrutura cognitiva do estudante, o que indubitavelmente não implica em um raciocínio simplista ou pouco complexo, uma vez que essas concepções embasam suas construções teóricas, sustentando sua coerência interna.

Estudante 2

Resposta: Ao dissolver sal em água ocorre uma ionização, ou seja, a estrutura cristalina NaCl torna-se Na^+ e Cl^- , ambos os íons estão solvatados pelos íons OH^- e H^+ da molécula de água que sofre auto-ionização.

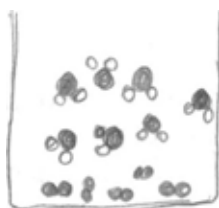
Desenho proposto:



Estudante 6

Resposta: A molécula de iodo é apolar e ao ser adicionada à água, não sofre ionização, e por não ocorrer cargas livres, não há condução de eletricidade. O I_2 é insolúvel em água e por isso não forma solução.

Desenho proposto:



No exemplo citado acima prevalece o reducionismo do “critério de semelhança”, muito utilizado, principalmente ao longo do ensino médio, na explicação da solubilidade de diferentes substâncias em diferentes solventes. Assim, apesar de o enunciado proposto afirmar uma dissolução parcial do iodo em água, a estudante nega essa afirmação e discorre sobre a insolubilidade do iodo.

Estudante 8

Resposta: A molécula de I_2 tem ligação covalente, que em água sofre solvatação se rompe e é solvatada pelas moléculas de água. Como o I tem carga negativa os hidrogênios da H_2O ficam direcionados para os íons, mas não se tem diferença de cargas, portanto não conduz corrente elétrica.

Desenho proposto:



Estudante 11

Resposta: O HCl sendo um gás dissolve-se facilmente em H_2O gerando íons que vão propiciar a condução de corrente elétrica, a formação de íons se dá por ser considerado forte, caso fosse fraco não teria a dissociação.

Desenho proposto:



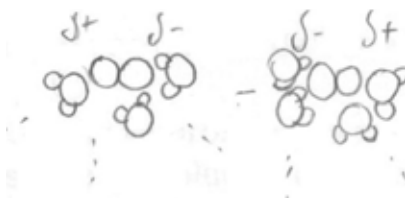
4ª Categoria – Compreensão teórico-conceitual de acordo com o modelo científico

Caracterizando uma quarta postura interpretativa, alguns estudantes propuseram respostas escritas e/ou desenhos que, além de considerar os aspectos microscópicos importantes para a descrição do fenômeno de dissolução, forneceram explicações coerentes com a visão acadêmica.

Estudante 4

Resposta: As moléculas de água interagem com o I_2 sem romper as ligações $I - I$ mas formando dipolos momentâneos.

Desenho proposto:

**Estudante 9**

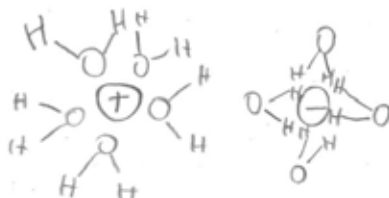
Resposta: Por ser um ácido fraco ele é pouco dissociável em água, baixa constante de dissociação (K_a). Formam-se espécies H_3O^+ e CN^- , mas em menor quantidade que no caso de HCl , que é um ácido forte.

Desenho proposto:

**Estudante 21**

Resposta: A água possuindo constante dielétrica alta rompe as interações iônicas entre Na^+ e Cl^- estabilizando esses cátions e ânions, superando a energia reticular. Resultando, pela formação de íons, na corrente elétrica.

Desenho proposto:



Outro aspecto apreendido da primeira observação dos resultados refere-se à ausência de uma forma de raciocínio predominante para cada estudante dentre as diferentes questões, isto é, o nível de interpretação do problema variava com a substância apresentada.

A análise das respostas dissertativas e dos desenhos propostos pela *estudante 8* ilustra claramente essa observação:

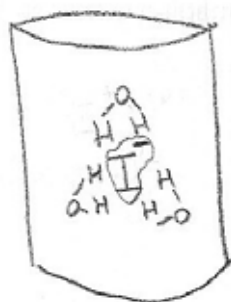
Questão 1: Dissolução do cloreto de sódio - NaCl

Quando o sal é colocado em água sua estrutura é desfeita e tem-se liberação de íons Na^+ e Cl^- que são solvatados (englobados) pelas moléculas de água por atração de cargas (...). E a quantidade de cargas em movimento é que são responsáveis pela boa condutividade da solução.



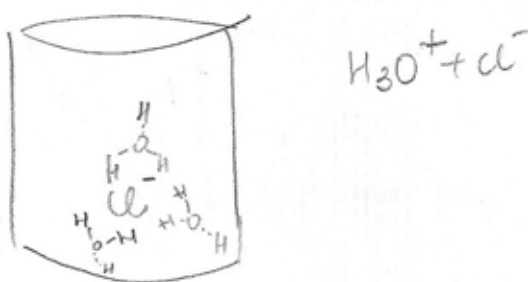
Questão 2: Dissolução do iodo - I_2

A molécula de I_2 tem ligação covalente, que em água sofre solvatação se rompe e é solvatada pelas moléculas de água. Como o I tem carga negativa os hidrogênios da H_2O ficam direcionados para os íons, mas não se tem diferença de cargas, portanto não conduz corrente elétrica.



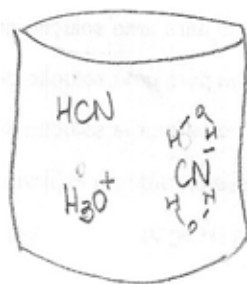
Questão 3: Dissolução do ácido clorídrico - HCl

Quando o HCl é adicionado em H_2O , as ligações entre H e Cl são covalentes e se rompem se decompondo em H_3O^+ e Cl^- , que também são solvatados pela água, como existe uma diferença de cargas, então a solução é condutora de corrente elétrica.



Questão 4: Dissolução do ácido cianídrico - HCN

Como o HCN é um ácido fraco, quando este está dissolvido em água, se tem um equilíbrio, ou seja, tem-se a espécie HCN e H_3O^+ e CN^- , o que caracteriza uma condutividade baixa. "Poucas cargas estão disponíveis para conduzir eletricidade".



Conforme é possível observar, a representação referente à dissolução do cloreto de sódio mostra-se de acordo com o modelo científico atualmente aceito (nível IV). À medida que nos afastamos desse exemplo, porém, nota-se um aumento na dificuldade de resolução do problema em termos teóricos conceituais. Assim, apesar de serem consideradas as interações entre soluto e solvente, as dissoluções do iodo e do ácido clorídrico são apresentadas segundo um modelo não condizente com o conhecimento acadêmico atual (nível III). No caso do iodo, a representação também contraria a observação experimental descrita no enunciado e na resposta escrita proposta pela estudante: “... *não se tem diferença de cargas, portanto não conduz corrente elétrica*”. Nesse ponto a representação da estudante aparece influenciada por uma concepção inadequada acerca do fenômeno de condução da corrente elétrica. Em relação ao ácido cianídrico, existe uma impossibilidade de representação da interação das moléculas, ainda que seja indiscutível a percepção, por parte da estudante, da existência de interações entre as partículas de soluto e a água (nível II).

O crescente grau de dificuldade por nós percebido durante a avaliação das respostas apresentadas, foi confirmado durante breve entrevista realizada com a licencianda. Assim, às representações da dissolução do iodo e do ácido cianídrico foi atribuído maior grau de dificuldade, afirmação reiterada em falas como “*O iodo é a minha dúvida*” ou “*Eu acho que o HCN (em sua forma não ionizada) não interage com a água (...) Nunca pensei sobre isso...*”.

Quando questionada sobre as representações para o ácido forte e o ácido fraco (ausência de moléculas de água no primeiro caso – apenas íons H_3O^+ - e presença das mesmas no segundo), um novo problema conceitual foi percebido: “*No HCl, como ele está totalmente ‘dissociado’ não tem água, só H_3O^+* ”. Cabe nesse momento reafirmar o fato já mencionado de que muitas das dificuldades encontradas pelos estudantes nas

representações devem-se a concepções alternativas presentes em sua estrutura cognitiva. Uma outra possibilidade, que acabou por ser reforçada ao longo do trabalho, é a de que, ainda que os licenciandos estejam abertos à construção de um raciocínio teórico-abstrato na resolução de problemas e na interpretação de fenômenos químicos, a contribuição dos cursos de formação para o desenvolvimento dessa habilidade tem sido escassa e, quando presente, ineficaz. A necessidade de elaboração de construtos abstratos explicitada por alguns estudantes está implícita no seguinte trecho da fala da estudante: *“Quando eu estou escrevendo eu sempre imagino desenhos. Eu gosto de desenhos. Eu preciso de uma coisa concreta”*. A questionável contribuição do curso de graduação aparece no desabafo *“Eu fico às vezes na dúvida se eu realmente sei Química. Eu não sei se o que eu respondi está certo, mas não sei se responderia de outra forma”*.

Diante das diferentes posturas interpretativas assumidas pelos estudantes nas distintas situações, optou-se por traçar um perfil geral dos mesmos em relação às diferentes questões apresentadas. Os resultados obtidos estão resumidos na figura que segue abaixo. Nela, são apresentadas as distribuições dos estudantes pelos diferentes níveis explicativos frente às diferentes questões propostas.

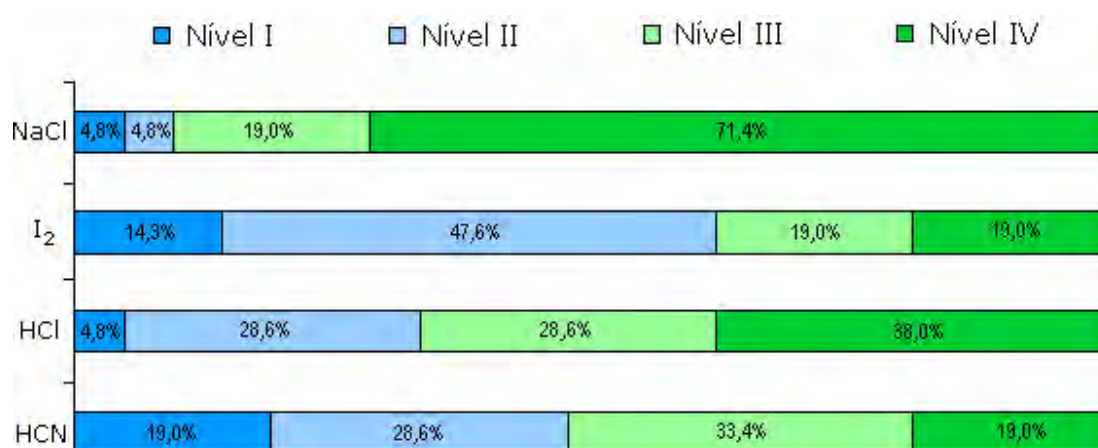


Figura 1. Gráfico da ocorrência das diferentes posturas explicativas frente às diferentes questões propostas.

A análise dos dados dispostos no quadro acima reafirma as observações obtidas com os instrumentos anteriormente descritos de que mesmo os estudantes que apresentaram bom desempenho na discussão do fenômeno de dissolução do cloreto de sódio, e até mesmo do ácido clorídrico, não o tiveram nas demais questões. Uma maior utilização de interpretações de cunho meramente fenomenológico foi observada para as questões que tratavam da dissolução do ácido cianídrico e do iodo, sugerindo uma maior dificuldade por parte dos estudantes na interpretação e previsão dessas situações.

Uma possível explicação pode ser o reduzido número de casos em que a dissolução de substâncias com propriedades similares à do referido ácido fraco e do iodo é discutida seja enquanto exemplos dados em sala de aula ou até mesmo nos livros didáticos. Esse fato também explicaria, então, a maior facilidade no trabalho com a dissolução do cloreto de sódio e do ácido clorídrico, exemplos muito comumente utilizados nessas situações. Essas observações permitem sugerir que existe algum obstáculo à extrapolação dos conceitos químicos envolvidos no fenômeno de dissolução a diferentes situações propostas.

A teoria de modelos mentais de Johson-Laird, mencionada anteriormente fornece subsídios interessantes para uma possível interpretação desses resultados. Dentro desse referencial, e de posse dos resultados obtidos, pode ser inferida a seguinte questão: os estudantes, em relação à interpretação do mundo físico, estariam construindo modelos, aplicáveis a situações distintas e mediadores de modificações e previsões acerca de seu funcionamento, ou estariam construindo meras imagens, fotografias engessadas dos fenômenos observados?

Os dados recolhidos pela presente pesquisa infelizmente apontam para a segunda opção.

Tornando esse fato ainda mais preocupante, as conversas com os licenciandos apontaram para a não percepção de um problema em sua formação. Assim, quando perguntados sobre dificuldades encontradas em algum momento da atividade, as respostas comumente indicavam tranquilidade na execução das tarefas propostas e ausência de dúvidas.

Ent. *Você se lembra de alguma dificuldade na hora da representação, de desenhar?*

E₅: *Não, nenhuma.*

E₇: *A representação pra mim estava clara. Os desenhos... Tranquilo.*

Mas o que estaria embasando essa postura?

Apesar das constatações acima, em alguns momentos apareciam indicações de que a associação de conceitos e fenômenos a construções imaginárias em nível microscópico era considerada uma ferramenta importante e utilizada. Quais obstáculos estariam, então, impedindo o pleno exercício dessa habilidade por esses estudantes? Que lugar teve (e tem) o raciocínio abstrato na vida estudantil desses indivíduos?

Alguns pontos deveriam ser melhor esclarecidos e refletidos para que algumas possibilidades de resposta pudessem emergir para essas questões. Uma nova etapa da pesquisa deveria ser iniciada, ou melhor, uma nova pesquisa, com novos objetivos e pressupostos teóricos deveria ser iniciada.

1.2.Considerações sobre o objeto de estudo e definição das questões sob investigação

Os resultados obtidos a partir do estudo preliminar acima apresentado apontam para um inquietante quadro da formação em Química, no qual os estudantes parecem estar desligados da prática essencial da ciência a que dedicam seus estudos: a elaboração e manipulação de modelos explicativos. Além disso, algumas falas sugerem aparente contradição entre suas percepções acerca das entidades microscópicas e a habilidade em sua operação. Essa observação despertou nosso interesse para maior compreensão do tratamento e importância atribuídos pelos futuros professores à narrativa química em nível microscópico, ou seja, nosso interesse foi despertado na direção de agregar mais argumentos e contribuições à discussão provocada pelo estudo inicialmente desenvolvido, buscando ampliar nosso entendimento acerca dos obstáculos possivelmente responsáveis pelas dificuldades acima observadas.

Podem ser apresentadas, então, as seguintes questões sob investigação:

- Qual o papel atribuído pelos futuros professores às discussões acerca da natureza da Química, em especial à exploração dos fenômenos em nível microscópico, em sua própria formação e em situações de ensino?

- Que entendimento da ciência Química está sendo “vendido” pela Universidade durante a formação desses estudantes? Que valores e posturas vêm sendo estimulados?

Diante dessas questões, deveríamos, primeiramente, buscar responder a outras, agora de cunho pessoal, primordiais: qual seria a **nossa** concepção de ciência? Qual é o lugar por **nós** atribuído ao entendimento dos fenômenos em nível microscópico?

O capítulo seguinte é resultado de nosso “pedido de ajuda” a outros autores e pesquisadores na tentativa de responder a essas perguntas e formular nossos pressupostos teóricos.

Capítulo 2

Definindo conceitos essenciais e demarcando um referencial teórico

2.1. Realidade: construção social x construção subjetiva

“Quem compreende que o mundo e a verdade sobre o mundo são radicalmente humanos está preparado para conceber que não existe um mundo-em-si, mas muitos mundos humanos, de acordo com as atitudes ou pontos de vista do sujeito existente”.

(W. Luijpen, 1973)

Se procurado o sentido conferido pelos dicionaristas aos verbetes “real” ou “realidade”, dentre as possíveis respostas estará: o que efetivamente existe. A segurança inspirada pelo termo e a forma com que o mesmo é utilizado na vida cotidiana podem sugerir que a realidade é algo que existe em si mesma, ou seja, sugerem uma aparente independência à existência de um observador e da forma com que ele percebe essa realidade. Essa opinião, porém, não é universalmente compartilhada.

A discussão da existência ou não de uma realidade externa aos indivíduos, apesar de aparentemente trivial, é complexa e polêmica, chegando a ser considerada a mais importante questão da filosofia, enquanto atividade humana que tem por objetivo buscar princípios gerais que expliquem a essência do universo. Três correntes de pensamento buscam oferecer respostas a essa questão: o *idealismo*, que assume as idéias como criadoras do universo e tem Platão, Aristóteles, São Tomás de Aquino e Hegel dentre seus principais defensores; o *materialismo*, para o qual as idéias são meras representações do mundo exterior na mente dos homens, apoiado por Tales, Demócrito, Rousseau, Marx, Engels, dentre outros; e o *pensamento neutro*, cujos corroboradores, como Hume, Kant, Comte, Bohr e Heisenberg, consideram a questão irrespondível e, portanto, desnecessária (Henriques, 1981).

Independentemente da existência ou não de uma realidade externa e da postura filosófica assumida, a consideração de que o homem é um ser social torna indispensável o questionamento de qualquer concepção radicalmente ontológica da natureza. Partindo desse pressuposto, passa a ser importante a discussão da construção da “realidade” que é o mundo, como produto da interação entre os seres humanos e seu ambiente através de sua principal ferramenta: a linguagem. Duarte Jr. (1989) em sua obra *“O que é realidade”* faz uma pergunta que certamente passa pela cabeça de quem se inicia nessa discussão: “As coisas, árvores, rios, pedras, montanhas já não estavam aí antes de surgir o homem e sua linguagem?”. Para essa pergunta o autor guarda a seguinte resposta: “Sim, mas ainda não eram mundo. Mundo é apenas e tão somente um conceito humano”.

Da interação entre homem e ambiente resulta, assim, a “realidade objetiva social” (Moretto, 2003). É importante destacar que essa realidade é, além de social, histórica, uma vez que só é válida dentro de um grupo social específico, em um determinado momento histórico. A realidade é, então, continuamente (re)construída, o que remete à citação de Luytjens (1973), feita no início do capítulo: talvez o ideal fosse falar de realidades, no plural. O mundo apresenta uma nova face de acordo com a perspectiva do indivíduo que o interpreta.

Ainda segundo Moretto, o processo de socialização consiste na apresentação da realidade social e historicamente construída aos novos indivíduos integrantes da comunidade, o que resulta na construção de uma realidade pessoal (subjetiva), que constantemente questionará a realidade apresentada como verdadeira.

A importância da socialização mediada do conhecimento, especialmente do conhecimento da “realidade”, é muito bem colocada no trabalho de Bruner citado em Driver e colaboradores (1999):

“Não existe nenhuma maneira, nenhuma mesmo, através da qual o ser humano poderia ter domínio desse mundo sem a ajuda e a assistência de outras pessoas, pois, na verdade, esse mundo são os outros” (Driver et al, 1999, p. 34).

É desse questionamento, da comparação entre as “duas realidades” e do conseqüente estabelecimento de relações, que emerge o processo de construção do conhecimento.

O desenvolvimento da ciência e do conhecimento científico ilustra claramente esse processo. A História da Ciência encontra-se permeada por diversos momentos em que a contraposição entre a realidade subjetiva e a socialmente aceita deu origem a uma nova forma de perceber o mundo. Pode-se citar, nesse contexto, Nicolau Copérnico que, no século XVI, propôs a teoria heliocêntrica, afirmando que o Sol encontra-se no centro do Universo e que os planetas, inclusive a Terra, giravam em torno dele. Essa teoria encontrava-se, na época, em pleno desacordo com a teoria vigente, na qual a Terra era o centro do Universo (teoria geocêntrica). Apesar do forte repúdio e das severas críticas, a teoria de Copérnico foi, posteriormente, institucionalizada e legitimada. Corroborando para a constante discussão e conflito entre diferentes “realidades”, Chalmers (1995) argumenta que *“A astronomia de Copérnico era audaciosa em 1534 porque se opunha à suposição de que a Terra é estacionária no centro do universo. Ela não seria considerada audaciosa hoje em dia”*.

A importância da linguagem para a legitimação de uma realidade proposta, então, está no fato de que é somente através dela que essa realidade pode ser transmitida conceitualmente, pode ser socializada e, finalmente, legitimada.

O conhecimento legitimado pode pertencer a vários níveis de complexidade, conforme discute Duarte Jr. (1989). Assim, relações de causa-efeito mais vinculadas ao “como” determinados fenômenos acontecem, por exemplo, são enquadradas no que o autor denomina nível pré-teorético de legitimação. Esse seria um processo mais rudimentar, no sentido de não ser um conhecimento elaborado mais abstratamente em torno dos “porquês” do evento observado. Esse último conhecimento pertenceria a um nível mais sofisticado de legitimação, o “universo simbólico”, do qual fazem parte as teorias que intentam justificar e explicar por que determinado conhecimento institucionalizado existe e em que se fundamenta seu funcionamento. Duarte Jr. identifica quatro universos simbólicos, ou seja, quatro mecanismos conceituais de explicação da realidade: a mitologia, a teologia, a filosofia e a ciência.

2.1.1. O universo simbólico da ciência

Apesar de utilizar-se de métodos distintos da mitologia, da teologia ou da filosofia, a ciência também constitui um dos caminhos trilhados pelo pensamento humano no sentido de conhecer e explicar a natureza. Atualmente, porque não se pode deixar de destacar que as origens da ciência moderna encontram-se na filosofia grega, marcada, essencialmente, pelo processo de teorização como ato de contemplação e beatitude. Assim, o pensamento clássico, e conseqüentemente os primórdios da ciência, eram caracterizados por um “vício de definições acabadas”, ou seja, tinham por finalidade não deixar conceito algum fora de uma hierarquia ou conjunto de definições bem esclarecidas, o que os tornam unicamente vinculados à abstração e alheios à sua prática (Pereira, 1982).

O que vem caracterizar a ciência moderna é a vinculação da teoria com o objeto pesquisado, com o fenômeno observado, através da experimentação, ou seja, ao aspecto teórico-abstrato associa-se, agora, um aspecto empírico-concreto. Não se trata, porém, da experimentação associada ao empirismo aristotélico, predominante ao longo da Idade Média, no qual o acesso ao plano dos fenômenos dava-se através dos sentidos elementares do ser humano, os quais conferiam o grau máximo de realidade (Giordan, 1999). Ao processo de experimentação associa-se, agora, a instrumentação, e seu papel não estava mais centralizado no estabelecimento da correspondência direta entre o real e o teórico, mas sim no estabelecimento de aproximação entre essas duas instâncias. Essa nova fase teve início com Galileu Galilei ao final do século XVI, estabeleceu-se no século XVII com Newton e teve seu ápice ao longo do século XVIII com a chamada filosofia das luzes.

Sobre a menor preocupação com a correspondência direta entre o real e o produto da ciência, Matthews (1994) afirma que:

“O maior mérito de Galileu foi o de estabelecer a diferença entre o objeto teórico da ciência – que é um sistema de definições, princípios, conceitos e relações matematicamente expressas – e os objetos reais da ciência – que são os materiais, feitos e objetos do mundo que são entendidos, descritos e manipulados, com a adequada instrumentação e experimentação” (Matthews, 1994, p. 84).

E acrescenta:

“Galileu descreveu as coisas de forma diferente, não as viu de forma diferente. As novas descrições não vieram da observação (...) vieram de um objeto teórico construído intelectualmente” (Matthews, 1994, p. 84 – grifo do autor) ⁵.

No contexto dessa *nova ciência*, então, o atributo de essencialidade passa da correspondência entre o nível teórico e o real, para a capacidade do primeiro permitir boas previsões sobre manipulações e intervenções no segundo.

O maior status conferido ao processo de idealização e elaboração de construtos teóricos será discutido posteriormente, em maior profundidade, dada sua importância não só para o entendimento do processo de construção do conhecimento científico, mas também no processo de socialização desse conhecimento, especialmente no ensino de ciências.

O desenrolar da revolução científica acima descrita foi influenciado e influenciou diferentes concepções de trabalho científico que valorizavam mais ou menos esses objetos denominados teóricos e reais, dentre os quais devem ser destacados o racionalismo de René Descartes (1596 - 1650) e o empirismo indutivo de Francis Bacon (1561 – 1626), ambos contemporâneos de Galileu. Descartes propunha a separação entre mente e matéria, defendendo a existência de um método científico baseado num modelo matemático que desconsiderava a percepção sensorial, a qual considerava uma fonte incessante de erros. Já na epistemologia baconiana, a experimentação é o único caminho válido para estudar a natureza, estando esse processo totalmente isento e protegido da interferência do observador: as teorias são, portanto, rigorosamente derivadas dos dados obtidos da experiência, de modo que a ciência é objetiva e o conhecimento científico é confiável porque é provado objetivamente (Chalmers, 1995).

É da crença na existência de um método infalível e na neutralidade do processo de investigação experimental que se origina o pensamento positivista, predominantemente determinante das práticas científicas por mais de dois séculos, e ainda influenciador de algumas práticas atuais. Augusto Comte é protagonista dessa

⁵ Ao estabelecer a distinção entre objeto real e objeto teórico, Matthews utiliza elementos presentes na epistemologia de Bachelard, conforme será apresentado posteriormente.

nova linha de pensamento, cuja pretensão é demonstrar as leis objetivas que regem o mundo através do uso de métodos de investigação como a observação, experimentação, indução / dedução e comparação (Faustino, 2001). Assim, a função do investigador, aquele que no referencial positivista busca a verdade, seria explicar uma dada realidade com base na utilização do método científico, sem envolver-se com o objeto investigado. Daí resultam os principais pressupostos dessa teoria, o cientificismo e a neutralidade científica. A idéia era que se buscasse estabelecer leis gerais até mesmo para as disciplinas referentes aos estudos das humanidades, para que a essas fosse atribuída a categoria de ciência. Esse cenário no qual o sujeito que investiga não dialoga com o objeto investigado influenciará e alterará profundamente o quadro pedagógico da época, dado que se estabelece ao mesmo tempo em que as Ciências da Educação se reivindicam como tal.

O pensamento positivista e a tradição materializada na aplicação soberana do método científico foram posturas dominantes a partir do século XVII, estendendo-se ao longo dos séculos XVIII, XIX (quando atinge seu auge) até meados do século XX, o qual assistiu a um novo momento de alterações profundas nas ciências. Essas modificações foram desencadeadas, principalmente, pela ruptura com as concepções anteriormente aceitas acerca da natureza da matéria: faz-se necessário repensar também a natureza do conhecimento científico (Borges, 1996).

Diferentes visões epistemológicas passam a ser discutidas, cada qual em sua época, com suas similitudes e pontos de divergência. Um consenso, porém, era a contestação à idéia de um conhecimento seguro e permanente, da existência de uma verdade única atingível. Assim, o século XX é apresentado ao racionalismo crítico de Popper e Lakatos, ao racionalismo dialético de Bachelard, aos paradigmas de Kuhn, ao anarquismo epistemológico de Feyerabend, dentre outras propostas importantes.

Borges (1996) considera essa nova abordagem epistemológica como a abordagem construtivista do desenvolvimento das ciências, dado que contesta o idealismo e o empirismo em suas formas mais radicais, assumindo o conhecimento como algo que não se encontra nem em nós nem fora de nós, sendo progressivamente construído pelas interações que estabelecemos.

Inevitavelmente, a pedagogia e a forma de ensino conteúdos específicos também sofreram as consequências das mudanças na forma de percepção do mundo e de construção do conhecimento. Dedicamos, então, um momento à discussão das relações existentes entre as questões de cunho epistemológico e os modelos pedagógicos, com especial atenção para as implicações para o ensino de ciências.

2.2. Epistemologia e pedagogia: implicações para o ensino de ciências

As discussões acerca das concepções de ciência, bem como da construção e validação do conhecimento científico, enquanto grandes influenciadoras da prática docente estão muito presentes na literatura. Essas discussões possuem importância inquestionável, dado que *“os professores trazem a sua concepção de ciência para o contexto do ensino, o que o influencia na seleção dos conteúdos e na forma metodológica de desenvolvê-los”* (Maldaner, 2000, p. 63).

Conforme descrito anteriormente, a Educação desenvolveu-se enquanto ciência num contexto de valorização extrema do método científico e de esforço para o enquadramento de todas as áreas do conhecimento nessa nova forma de raciocínio. Estabelece-se, então, um modelo pedagógico positivista.

A pedagogia científico-positivista destacou-se durante o século XIX até meados do século XX, com destaque para a década de 1950, período pós Segunda Guerra Mundial. Esse momento foi marcado por intensa disputa tecnológica entre os Estados Unidos e a antiga União Soviética, disputa essa que, inevitavelmente, ultrapassou as fronteiras das práticas pedagógicas da época. Assim, houve grande estímulo ao ensino de ciências em maior qualidade e quantidade, prezando os valores experimentais e quantitativos, que resistem da década de 60 até o final da década de 70, quando a sombra da possibilidade de uma guerra nuclear produz uma crise na tendência científicista e tecnológica do ensino de ciências.

A crítica ao indutivismo e absolutismo positivistas abre espaço à proposta de uma abordagem científica do mundo baseada nos significados pessoais, considerando a interação do indivíduo com a realidade que se apresenta a ele (Porlán,

1998). Nesse momento estabeleceu-se o questionamento acerca do verdadeiro papel do ensino das ciências: ensinar, no sentido estrito, ou oferecer aos aprendizes ferramentas que auxiliem na sua formação intelectual e para exercer sua cidadania? Surge o *construtivismo* como mecanismo de oposição ao positivismo e às idéias a ele associadas. Foi o movimento de maior impacto na educação científica nas décadas de 80 e 90, partindo da suposição de que as pessoas constroem suas idéias sobre o funcionamento do mundo a partir de suas observações, experiências e conhecimento acumulado. Suas críticas ao empirismo ingênuo geraram transformações benéficas nas pesquisas educacionais, que passaram a valorizar o papel do indivíduo na aquisição de novos conhecimentos e das pré-concepções dos estudantes na elaboração dos currículos e na escolha de estratégias de ensino.

Apesar do reconhecido impacto e relevância das idéias construtivistas, as concepções positivistas da ciência e do conhecimento científico ainda resistem ao tempo e permanecem difundidas. Gil Pérez e colaboradores (2001) efetuaram levantamentos bibliográficos e discussões entre grupos de estudo formados por docentes que permitiram destacar as principais deformações conceituais acerca da natureza da Ciência, sobre o que é a construção do conhecimento científico e sobre o próprio trabalho científico. Dentre as concepções detectadas é possível destacar aquelas intimamente relacionadas ao positivismo, indutivismo, empirismo e ao absolutismo a ele associados. São elas:

- experimentação como essência da atividade científica com especial atenção para o caráter “neutro” da observação, esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação;
- valorização excessiva do método científico (ritualismo);
- visão dogmática da ciência (exatidão e plena confiabilidade);
- imagem descontextualizada, socialmente neutra, da ciência, que coloca os cientistas como seres humanos acima do bem e do mal.

Abrindo um breve espaço para algumas reflexões, uma hipótese para essa resistência (ou permanência) da postura positivista poderia ser associada a uma maior segurança, por parte daquele que se propõe a ensinar, diante dos conteúdos apresentados, uma vez que o modelo pedagógico empregado não abre espaço para

questionamentos e inferências por parte dos estudantes. Temas restritos e pré-determinados são facilmente trabalhados, dado que permitem maior controle. Essa reflexão remete a uma outra, ainda mais preocupante, e que escapa da vontade e intenções do professorado: a da utilização da “atitude positivista” como ferramenta de controle e modelagem social. De acordo com Maldaner (2000, p. 69), essa atitude *“faz com que as pessoas aceitem as explicações, não só no campo das ciências da natureza, mas também no campo político, econômico, social, educacional, e outros, como únicas e verdadeiras”*.

As contribuições dos epistemólogos do século XX mencionados anteriormente assumem caráter essencial nesse contexto, dado que vêm dar novas dimensões ao contexto educacional, diferentes da aceitação do conhecimento científico como o único possível, mais próximas de seu entendimento como uma possibilidade e não como consequência inarredável.

Dentro dessas correntes, a epistemologia histórica de Gaston Bachelard representou a “inauguração do não-positivismo” (Lopes, 1996) ao defender a impossibilidade de existência de uma verdade única e magnânima acerca do observável e mostra-se muito pertinente para o campo de ensino de ciências dado que a passagem do autor pela escola secundária ⁶ fez dele um filósofo constantemente preocupado com o ensino.

Para que entendamos, porém, as contribuições do filósofo francês para o ensino de ciências, em específico da Química, faz-se necessária uma breve discussão de alguns aspectos de sua obra epistemológica.

Conforme descrito anteriormente, as propostas de Bachelard originam-se num contexto de profundas modificações advindas da revolução científica do século XX, a

⁶ A vida de Bachelard parece marcada por descontinuidades e rupturas, temas sobre os quais, curiosamente, tornou-se um dos principais teóricos da filosofia contemporânea. Nascido em Champagne (França campesina), em 1884, iniciou suas atividades profissionais na administração dos Correios e Telégrafos, atividade que desenvolvia enquanto planejava formar-se engenheiro. A guerra de 1914 inviabiliza seus planos e Bachelard ingressa no magistério secundário ministrando aulas de filosofia e ciências. Em 1927 ingressou na Universidade de Dijon como professor de história e filosofia da ciência, transferindo-se, posteriormente, para a Sorbonne. Falecido em 1962 na Paris cosmopolita, Gaston Bachelard vivenciou as rupturas entre o século XIX e o século XX, entre o campo e a cidade, experiências expressas em seus trabalhos no campo da Poética e em sua obra epistemológica, os dois campos de atuação do filósofo aos quais se atribuem uma face noturna e outra diurna, respectivamente.

qual provocou grandes abalos na matriz empírico-positivista. Sobre essas transformações reflete:

“A ciência experimenta então aquilo que Nietzsche chama de ‘tremor de conceitos’, como se a Terra, o Mundo, as coisas adquirissem uma outra estrutura desde que se coloca a explicação sobre novas bases” (Pessanha citando Bachelard, 1978, p.8).

O advento da Mecânica Quântica, por exemplo, pode ser considerado o principal marco do estremecimento das crenças empiristas. Afinal, nos limites da Física submicroscópica a equivalência entre o ver e o conhecer se destrói (Lopes, 1996).

Para Bachelard, o conhecimento empírico, vinculado ao que é aparente, constitui sempre fonte de erros, sendo o conhecimento científico estruturado pela superação desses erros, através de um constante processo de ruptura com o que se pensava conhecido (Lopes, 1996). Dessa forma, a ciência não captura o real, ela indica a direção e organização intelectual segundo as quais nos asseguramos que nos aproximamos do real. O real aparente está muito mais associado ao senso comum.

A insuficiência e inadequação do empirismo em sua forma mais radical para a construção do conhecimento científico ficam claras quando Bachelard assevera que

“(...) seria demasiado cômodo entregar-se uma vez mais a um realismo totalitário e unitário, e responder-nos: tudo é real, o elétron, o núcleo, o átomo, a molécula, o mineral, o planeta, o astro, a nebulosa. De acordo com nosso ponto de vista, nem tudo é real da mesma maneira; a substância não tem, a todos os níveis, a mesma coerência; a existência não é uma função monótona; não pode afirmar-se por toda a parte e sempre no mesmo tom” (Bachelard, 1978, p. 32).

Assim, a realidade de objetos tangíveis e mensuráveis certamente não é a mesma de entidades como átomos, íons e moléculas, inseridas no contexto de teorias a elas subjacentes. A partir dessa convicção, Bachelard propõe a importante distinção entre o real dado, que chega até nós através dos sentidos (mais associado ao conhecimento empírico), e o real produzido, caracterizado nas construções e teorias científicas, bem como nos modelos teóricos com os quais os cientistas raciocinam e atuam (Maldaner, 2000).

As contribuições para o ensino de ciências são inquestionavelmente relevantes, ao passo que, em se tratando de duas racionalidades distintas, não existem pontes

entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. “(...) *não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar uma cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana*” (Bachelard, 2005, p.23).

O trecho acima evidencia o importante papel da mediação docente nesse processo de mudança, papel esse que será novamente discutido posteriormente. Nas palavras de Lopes (1996):

“Ele (Bachelard) nos coloca na obrigação (enquanto professores) de questionar o conhecimento cotidiano dos estudantes, bem como permitir o questionamento de nosso próprio conhecimento cotidiano, no processo de ensino-aprendizagem em ciências. Aprender ciências implica aprender conceitos que constroem, colocam em crise conceitos da experiência comum. O que não significa, por sua vez, o estabelecimento de uma hierarquia axiológica entre conhecimento comum e conhecimento científico” (Lopes, 1996, p. 269).

Estão confrontados, portanto, o papel do conhecimento empírico / prático e do teórico / racional na construção do conhecimento científico, discussão essa que merece maior aprofundamento e atenção de nossa parte.

Antes, porém, de atermo-nos a essas discussões e reflexões, gostaríamos de discorrer sucintamente sobre outro componente importante da epistemologia de Bachelard, significativamente importante quando se tem por objetivo o ensino de ciências: a noção de obstáculos epistemológicos.

Bachelard denomina obstáculos epistemológicos os entraves à formação do espírito científico, responsáveis pela instauração de um estado de inércia, um instinto de preservação do pensamento. Na definição de Japiassú (1976), “*é uma resistência do pensamento ao pensamento*”. Acerca desses obstáculos, Bachelard afirma que

“No fundo o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo a espiritualização (...) Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Acender à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca contração que contradiz o passado” (Bachelard, 2005, p. 17-18).

A extrema valorização dos aspectos sensoriais dos fenômenos (experiência primeira), as generalizações apressadas dela decorrentes (conhecimento geral), o

animismo e o substancialismo são, assim, exemplos de obstáculos que podem levar à estagnação do pensamento, sendo inerentes ao trabalho do cientista (Melo, 2005).

Feita essa complementação, partimos agora para a ampliação das discussões do conhecimento empírico e das construções teóricas no ensino de ciências.

2.3. O papel dos conhecimentos empírico e teórico no ensino de ciências: ampliando as discussões

Independente da postura epistemológica adotada, o que marcou definitivamente o início da ciência moderna foi a reunião entre a observação, a razão e a experiência para interpretação dos fenômenos naturais, o que não poderia dar-se sem a distinção entre o real e o teórico, enquanto objetos distintos da ciência.

Conforme descrito anteriormente, a matematização iniciada por Galileu e enormemente fortalecida por Newton, faz emergir uma nova forma de interpretação do observável, de modo que a teoria científica não pode mais ser reduzida ao simples resultado de uma atividade experimental, sendo esquecido o papel do homem como agente de interpretação e criação. A teoria científica é, agora, o elo entre o pensamento e a realidade sob questionamento, atribuindo concretismo tanto a um quanto a outro (Pereira, 1982).

A importância do aspecto inventivo, abstrato, na formulação de explicações e teorias aparece explicitada até mesmo nas obras de filósofos radicalmente materialistas, adeptos do realismo ontológico ⁷, como Bunge. Em obra publicada em 1974 o autor assume que *“a conquista da realidade começa, o que parece paradoxal, por idealizações”*. Bunge atribui esse momento de idealização à construção do que chama modelo conceitual. Esses modelos, colocados como *“representações excessivamente simplistas das coisas”*, teriam a função de tornar a realidade mais

⁷ **Realismo ontológico:** *“a convicção de que o mundo existe independentemente de nós. Para Bunge, todas as operações da Ciência, principalmente a formulação de teorias e o teste experimental das mesmas implicam essa crença e ficariam privadas de sentido sem ela”* (Cupani e Pietrocola, 2002, p.101). Apesar de assumirmos a realidade como construção social nesse trabalho, citamos Mario Bunge com o intuito de discutir a importância atribuída ao processo inventivo abstrato até mesmo pelos adeptos do realismo.

compreensível. Acrescenta ainda que a sucessão histórica dos modelos é um progresso de complexidade, referindo-se ao processo de aceitação, refutação e proposição de novos modelos, processos esses que, amparados pelos procedimentos empíricos, constituem e possibilitam a constante (re)construção do conhecimento científico. Aos modelos formalizados e compartilhados por grupos sociais com o propósito de compreender e explicar idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas, Gilbert e Boulter (Justi e Gilbert, 1999) denominam modelo consensual.

O exposto acima permite observar que, além do caráter empírico inerente às ciências ditas experimentais, é de extrema importância a dimensão teórica dessas ciências, que, elaborando modelos e conceitos, pressupõem sempre um nível de abstração. Citando Sayão (2001):

“(...) a abstração constitui uma ferramenta poderosa no exercício eterno de aquisição do conhecimento, uma vez que, para se compreender a imensa variedade de formas, estruturas, comportamentos e fenômenos residentes no nosso universo (...) constroem-se esquemas abstratos da realidade, nos quais as coisas são reduzidas a seus perfis mais convenientes. O conhecimento racional é, dessa forma, um sistema de símbolos e conceitos abstratos, caracterizado pela estrutura seqüencial e linear tão típica de nosso pensamento e de nossa fala”.

Essa consideração é indubitavelmente importante quando se passa à discussão da relação de ensino - aprendizagem das ciências naturais, processo durante o qual dificilmente algum tópico será discutido sem que seja utilizado pelo menos um modelo para explicar algum aspecto do conteúdo. Isso sugere que, para entender os assuntos relativos à ciência, os estudantes devem, primeiramente, aprender a “linguagem” da modelagem.

O que permite a um indivíduo empreender-se na construção de proposições abstratas e no questionamento das realidades apresentadas como verdadeiras, sejam elas científicas ou não, é a capacidade de elaboração de *representações internas* ou *mentais*, formuladas na tentativa de representar internamente o mundo exterior, já apresentadas no exórdio desse trabalho.

Mas, sendo a ciência um misto de caráter teórico e empírico, qual deles deve ser privilegiado durante o ensino dessa disciplina? De que maneira um ou outro aspecto poderia contribuir para o ensino de ciências?

Na opinião de Bachelard (1978), com a qual concordamos, esses aspectos são complementares e, por esse motivo, interdependentes:

“(...) o empirismo e o racionalismo estão ligados, no pensamento científico, por um estranho laço, tão forte como o que une o prazer à dor. Com efeito, um deles triunfa dando razão ao outro: o empirismo precisa ser compreendido; o racionalismo precisa ser aplicado. Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente” (Bachelard, 1978, p. 4-5)

Conforme discutido anteriormente, os trabalhos que têm por objetivo identificar a concepção de ciência e de construção do conhecimento científico apresentada por professores e estudantes de diversos níveis de ensino vêm revelando uma preocupante prevalência de concepções empírico-positivistas e ateóricas das ciências, concepções que vêm resistindo a severas críticas ao longo dos anos.

Echeverría (1993) propõe uma possível explicação para a permanência e até mesmo favoritismo da concepção empirista no ensino de ciências:

“(...) o pensamento empírico tem um caráter direto, ele não é somente o conhecimento direto da realidade, mas expressa a existência das coisas nas categorias de quantidade, qualidade, propriedade, medida (...) Ele assegura às pessoas um vasto campo de discriminação e designação de propriedades dos objetos e de suas relações, inclusive das que não são observáveis num determinado momento, mas podem ser deduzidas indiretamente na base de raciocínios” (Echeverría, 1993, p. 20)

A importância do empirismo na construção do conhecimento científico e também no aprendizado das ciências é, de fato, indiscutível, mas quais seriam as contribuições cognitivas dele, isoladamente? Existem limitações?

No mesmo trabalho a autora faz uma reflexão acerca das características sensoriais do conhecimento empírico:

“O pensamento empírico origina-se e pode se desenvolver fora da Escola, pois suas fontes estão vinculadas à vida cotidiana das pessoas. Promover na Escola o pensamento empírico leva a que o ensino escolar contribua muito pouco para o desenvolvimento das capacidades intelectuais dos alunos” (Echeverría, 1993, p. 13).

O conhecimento empírico tem, portanto, caráter essencialmente utilitário, funcional, mais vinculado ao “como” do que ao “por que”. Retomando as idéias de

Duarte Jr. (1989), citadas anteriormente, é possível classificá-lo como um conhecimento pré-teorético, que não está vinculado à elaboração abstrata do pensamento. Seria esse o objetivo final do ensino de ciências?

Driver e colaboradores (1999) também chamam a atenção para os limites da atividade empírica realizada isoladamente:

“As entidades e idéias científicas, que são construídas, validadas e comunicadas através das instituições culturais da ciência, dificilmente serão descobertas por indivíduos por meio de sua própria investigação empírica: aprender ciências, portanto, envolve ser iniciado nas idéias e práticas da comunidade científica e tornar essas idéias e práticas significativas no nível individual”. (Driver et al, 1999, p. 32-33)

Ou ainda:

“Quem aprende precisa ter acesso não apenas às experiências físicas, mas também aos conceitos e modelos da ciência convencional. O desafio está em ajudar os aprendizes a se apropriarem desses modelos, a reconhecerem seus domínios de aplicabilidade, dentro desses domínios, a serem capazes de usá-los”. (Driver et al, 1999, p. 34)

Além da importância atribuída ao aspecto teórico, portanto abstrato, da ciência, as citações acima permitem algumas reflexões adicionais sobre as críticas ao construtivismo em seu aspecto mais radical (Gallegos, 1996), que atribui o processo de aprendizagem unicamente àquele que aprende, em alguns casos a despeito da mediação docente, em contraposição à importância conferida ao professor de ciências nesse processo de iniciação e promoção do pensamento científico nas salas de aula de ciências.

Dada a evidente importância da discussão acerca processo científico e de seu universo simbólico no ensino de ciências, faz-se necessário retomar a reflexão acerca do pensamento teórico como processo de idealização do objeto de conhecimento. Considerando que ter o conceito de um objeto significa reproduzir mentalmente seu conteúdo, reproduzir sua essência, o pensamento teórico passa a exercer uma importante função no desenvolvimento das capacidades cognitivas do estudante que, raciocinando mais abstratamente, estaria mais próximo da essência do objeto estudado.

Para encerrar esse tópico, citamos Karel Kosik, em sua obra “Dialética do concreto”, onde afirma:

“A realidade não se apresenta aos homens, à primeira vista, sob o aspecto de algo que cumpre intuir, analisar e compreender teoricamente (...) apresenta-se como o campo em que se exercita a sua atividade prático-sensível, sobre cujo fundamento surgirá a imediata intuição prática da realidade (...) Por isso, a praxis utilitária imediata e o senso comum a ela correspondente colocam o homem em condições de orientar-se no mundo, de familiarizar-se com as coisas e manejá-las, mas não proporcionam a compreensão das coisas e da realidade” (Kosik, 1976, p. 10)

O exposto acima clarifica e evidencia o importante papel do professor de ciências enquanto mediador e orientador de seus estudantes no trajeto de compreensão da realidade científica. A seguir serão apresentados e discutidos alguns pontos que tornam essa empreitada especialmente difícil para os professores de Química.

2.4.O caso da Química

“Se é difícil definir o que seja ciência, ou colocar sob uma única definição tudo o que se faz com o nome de ciência, mais difícil ainda é delimitar o que seja a ciência química”.

(Maldaner, 2003)

Em trabalho publicado em 1982, Johnstone afirma que a Química pode ser estudada em, pelo menos, três níveis. O primeiro, denominado *macroscópico*, refere-se àquilo que é possível ver e manusear, e que permite descrever as propriedades de um material ou sistema. O segundo é o nível *representacional* ou *simbólico*, no qual as substâncias e fenômenos químicos são representados através de símbolos, fórmulas e equações. O terceiro nível, denominado *microscópico* e mais sofisticado, compreende a “manipulação mental” de partículas (sub) microscópicas como átomos, íons e moléculas, com o intuito de explicar as observações pertencentes ao primeiro nível. Mortimer e colaboradores (2000) sugerem uma denominação alternativa a esses três níveis de compreensão da Química. São propostos três aspectos do conhecimento

químico: o *fenomenológico* (correspondente ao nível macroscópico), o *teórico-conceitual* (microscópico) e o *representacional*.

Seja qual a for a dimensão de entendimento e a denominação adotada, é possível inferir que a possibilidade de explicação, bem como a previsão do comportamento de um determinado sistema químico depende da livre transição entre esses três níveis. Em outras palavras, é essa livre transição que dá requisitos para que o químico, em seu percurso profissional, e o estudante, em sua familiarização com essa modalidade de estudo da natureza, contemplem em suas atividades os dois aspectos complementares dessa ciência (Chagas, 1989): o prático, que envolve uma maneira especial de lidar com a matéria, e o teórico, com a preocupação maior de *pensar* sobre os fatos observáveis em termos de esquemas e modelos representativos.

A essencialidade da elaboração de modelos e do desenvolvimento, por parte dos aprendizes, da capacidade de manipulação dessas entidades enquanto ferramentas importantes no processo de interpretação e previsão de fenômenos químicos aparecem explicitadas na obra de Maldaner e Piedade (1995):

“... o cerne da ciência química é perceber, saber falar sobre e interpretar as transformações químicas da matéria (ou das substâncias) causadas pelo favorecimento de novas interações entre as partículas constituintes da matéria, nas mais diversas situações” (Maldaner e Piedade, 1995, p.15 – grifo nosso).

Dessa forma, quanto mais elaborada for essa estratégia cognitiva, maior será o sucesso na interpretação de situações diferentes das estudadas em sala de aula. Mas essa nem sempre é uma tarefa fácil, conforme afirma Johnstone:

“(o entendimento do nível microscópico) é a força de nossa disciplina como atividade intelectual, e a fraqueza de nossa disciplina quando tentamos ensiná-la, ou o mais importante, quando os estudantes tentam aprendê-la” (Johnstone, 2000, p. 11).

Um dos fatores que podem desencadear essa dificuldade na compreensão conceitual da Química é a própria percepção que estudantes e professores têm do papel do pensamento teórico e, portanto, da construção de modelos no desenvolvimento do conhecimento científico e na própria aprendizagem das ciências.

Alguns trabalhos foram realizados com o objetivo de detectar a concepção que professores de diferentes níveis de ensino têm acerca da utilização de modelos na ciência. Os trabalhos de Justi e Gilbert (Gilbert, 2003) e de Islas e Pesa (2002) revelaram que eles apresentam uma concepção coerente com as idéias trazidas pela literatura que trata dos modelos científicos. A conclusão, porém, não foi tão satisfatória quando entrava em pauta a utilização desses modelos nas salas de aula de ciências (Justi e Gilbert in Gilbert, 2003). Os professores confessaram desconhecer o que seus alunos pensavam sobre a natureza dos modelos, não proporcionar oportunidades para que os alunos engajassem-se em atividades de modelagem e que, mesmo havendo discussão sobre os modelos dos estudantes, os modelos consensuais, por fim, são impostos como verdadeiros.

As visões que os aprendizes possuem acerca dos modelos, e que são divulgadas na literatura são, muito provavelmente, resultado da pouca importância dada ao raciocínio teórico-abstrato em situações de ensino. Para os estudantes, a dificuldade está no fato de que a elaboração e a aceitação de um modelo dependem da maneira com que os mesmos entendem e interpretam as informações e dados que recebem (Treagust & Mocerino, 2002). As representações são geralmente mal entendidas, e a consequência é que os estudantes limitam-se à utilização dos modelos como simples réplicas da realidade, ao invés de interpretá-los como poderosas ferramentas para a interpretação de fenômenos (Grosslight et al, 1991; Harrison e Treagust, 1996). Essa idéia pode permanecer presente até mesmo entre os estudantes de bacharelado e licenciatura em ciências (Islas e Pesa, 2001). Mas o processo é ainda mais custoso para os adolescentes, uma vez que sua construção da realidade do mundo coincide com suas percepções sensoriais (Furió & Furió, 2000). Isso permite entender porque eles põem em dúvida a ocorrência de alguns fenômenos, cuja explicação consiste na utilização de modelos abstratos.

Novamente faz-se sentir a real importância da reflexão e da atuação docente:

“Os modelos teóricos da Química (...) são criações humanas, próprias da ciência química, cujo entendimento não pode ser buscado empiricamente pelo esforço pessoal dos indivíduos. O acesso a essas criações culturais é possível pela mediação didático-pedagógica que, de uma forma ou de outra, deverá ser proporcionada a todos os membros de uma sociedade que se propõe a ser democrática” (Maldaner, 2003, p. 102).

Esses aspectos da compreensão da ciência química, de seus objetivos e de sua forma de trabalho, devem aparecer contemplados, sobretudo, nos programas destinados à formação de professores de química, dado que a esses se encontra confiada a importante tarefa de preparar os futuros profissionais responsáveis pela educação científica de nossos estudantes.

Retomamos, então, as questões que nortearam o desenvolvimento dessa pesquisa, nossas questões de investigação, e as justificativas para a escolha dos estudantes do último ano de licenciatura em Química como sujeitos da pesquisa.

Que lugar o entendimento teórico-conceitual do conhecimento químico, e a discussão em torno da natureza dos modelos enquanto construto humano vem assumindo, especificamente nos cursos destinados à formação de professores de Química? Os estudantes percebem essas construções como atividade principal e finalidade primeira da ciência química? Como as concepções de ciência apresentadas pelos aprendizes podem influenciar essa percepção?

Capítulo 3

Natureza metodológica da pesquisa

Quando entram em discussão os objetivos do ensino da disciplina Química, seja em nível médio ou universitário, algumas habilidades e competências são recorrentemente mencionadas, estando relacionadas não só ao domínio das especificidades dessa ciência, mas também à contextualização sócio-cultural do conhecimento por ela produzido.

Segue abaixo uma compilação de trechos presentes no texto que estabelece os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 1999), com o objetivo de discutir alguns dos objetivos definidos para a educação em Química nesse nível de ensino. Apesar do direcionamento desse texto para o ensino de nível médio, destacamos que as idéias e princípios envolvidos relacionam-se e aplicam-se também ao ensino de nível superior, conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química (Brasil, 2001). Embora longa, acreditamos que a citação justifica-se.

“O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos.

(...)

Na interpretação do mundo através das ferramentas da Química, é essencial que se explicita seu caráter dinâmico. Assim, o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana e contínua mudança.

(...)

É importante apresentar ao aluno fatos concretos, observáveis e mensuráveis, uma vez que os conceitos que o aluno traz para a sala de aula advêm principalmente da sua leitura do mundo macroscópico (...) Entretanto, um entendimento amplo da transformação química envolve também a busca de explicações para os fatos estudados, recorrendo-se a interpretações conforme modelos explicativos microscópicos.

(...)

Deve-se considerar que a Química utiliza uma linguagem própria para a representação do real e as transformações químicas, através de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Assim, é necessário que o aluno desenvolva competências adequadas para reconhecer tal linguagem, sendo capaz de entender e empregar, a partir das informações, a representação simbólica das transformações químicas.

(...)

Assim como os outros campos do conhecimento, a Química utiliza também uma linguagem matemática associada aos fenômenos macro e microscópicos. O domínio dessa linguagem servirá para desenvolver competências e habilidades referentes ao estabelecimento de relações lógico-empíricas, lógico-formais, hipotético-lógicas e de raciocínio proporcional". (Brasil, 1999)

Incontestavelmente, todos esses aspectos, abordagens e metas relativas ao ensino de Química encontram-se interligadas, exercendo papel de complementaridade⁸. Dessa forma, qualquer ênfase indevidamente exagerada em qualquer um dos enfoques acima mencionados pode acabar por exterminar os ideais de uma educação libertadora, responsável pela formação de indivíduos críticos e modificadores de sua própria realidade e do contexto social em que estiverem inseridos. É impossível negar, então, a essencialidade da não restrição dos conteúdos de ensino à lógica interna das disciplinas científicas, metodologia que valoriza exclusivamente o conhecimento de teorias e fatos científicos (Schnetzler, 2002), existindo a real necessidade de que esses conteúdos contemplem a inserção e papel da Química no desenvolvimento social e econômico, bem como abarquem a problemática do descontrole de suas aplicações (Del Pino *et al*, 2003). Isso não deve significar, porém, a negligência do conhecimento científico – teórico, nem sua classificação como complexificação desnecessária. Concordando com Atkins (1999): *"O principal alvo de nossa educação (em química) deveria ser encontrar uma forma de construir uma ponte entre o percebido e o imaginado"*.

Esse objetivo, indiscutivelmente, também tem na sua extensão para o ensino em nível médio algo de extrema importância, conforme já argumentado anteriormente.

Diversos autores, porém, vêm alertando para a ausência das reflexões epistemológicas, mais relacionadas à natureza da ciência, especialmente da Química, nos cursos de formação inicial e continuada de professores (Schnetzler, 2002; Maldaner, 2003).

No contexto das discussões e reflexões acima apresentadas, as questões para as quais estão voltados os interesses dessa pesquisa referem-se, especificamente, ao

⁸ Alguns desses aspectos são mencionados por Carvalho e Gil-Pérez (1993) como conhecimentos profissionais diversos que compõem o ato de "conhecer o conteúdo da disciplina" (p. 21-22)

reconhecimento dos licenciandos sobre a construção da “ponte” acima referida. Dessa forma, faz-se necessária maior aproximação do entendimento dos licenciandos acerca da Química e das estratégias das quais essa ciência lança mão para a resolução de seus problemas. Mais ainda: sendo os sujeitos dessa pesquisa professores em formação inicial, mais que seu entendimento enquanto estudantes, torna-se imprescindível conhecer a importância atribuída ao entendimento teórico-conceitual dos conceitos químicos no contexto escolar. Em outras palavras: o que é essencial, para esses licenciandos quando se ensina ou quando se aprende química?

A busca de possibilidades de resposta a essa pergunta implica expor os sujeitos da pesquisa a diferentes situações, nas quais seja oferecido espaço para a manifestação do docente e do estudante. Foram propostas, então, duas atividades distintas, ainda que complementares, diante das quais o sujeito da pesquisa deveria colocar-se nas duas posições propostas, as quais tinham por principais objetivos:

Atividade 1: Discutir com os licenciandos suas impressões acerca das diferentes abordagens para o (ou aspectos do) ensino da Química (ênfase no cotidiano, em aspectos matemáticos, teóricos, etc.), visando posicionar as discussões em nível teórico-conceitual no universo desses estudantes. Em outras palavras, qual o papel de fato atribuído por esses estudantes ao entendimento de conceitos e fenômenos em nível microscópico nas situações de ensino e aprendizagem?

Atividade 2: Ampliar o conhecimento acerca do lugar ocupado pelas explicações microscópicas no raciocínio dos estudantes durante a resolução de um problema proposto ⁹.

Um maior aprofundamento acerca dos conteúdos e formas de desenvolvimento das atividades será dado no próximo capítulo, simultaneamente à apresentação e discussão das observações colhidas.

⁹ Julgamos que as conclusões acerca das habilidades de elaboração de explicações microscópicas construídas apenas sobre a interpretação do fenômeno de dissolução seriam muito limitadas e, talvez, até mesmo apressadas. Optamos, então, pela inclusão de novas atividades, envolvendo a discussão de outros conceitos, conforme será apresentado.

A “captura” dos significados e percepções dos licenciandos só seria algo concretizável, porém, se aos licenciandos fosse dada a oportunidade de exteriorizar e dialogar sobre suas impressões e sensações percebidas no período de realização das atividades. Optamos, então, pela realização de uma entrevista, mais baseada na discussão das atividades propostas que em perguntas previamente formuladas. Além da maior riqueza de informações, cabe destacar que um processo de entrevista desenvolve-se quase que indissociavelmente de um processo de observação (Lodi, 1991), o qual proporciona ao investigador a possibilidade de analisar outros aspectos como a reação do sujeito às situações propostas, seu tom de voz, suas hesitações e contradições.

Nossa investigação insere-se, então, no contexto da pesquisa qualitativa¹⁰ caracterizada, principalmente pelos dados predominantemente descritivos e por preocupar-se muito mais com o processo do que com o produto e pela preocupação e interesse do investigador no significado que as pessoas dão às coisas (Neves, 1996). O sistema de avaliação das transcrições adotado foi a análise de conteúdo, à luz da compreensão epistemológica da Química.

Dos 20 estudantes que compunham a amostra que deu origem à pesquisa, ou seja, daqueles que responderam ao questionário referente ao fenômeno de dissolução, 5 (*estudantes 4, 17, 18, 19 e 20*) não participaram desse segundo momento: três (*17, 18 e 19*) negaram sua participação alegando falta de interesse na pesquisa e dois (*4 e 20*) não puderam participar por falta de disponibilidade, apesar de seu interesse. Somam-se, assim, 15 estudantes entrevistados. Dentre eles, três participaram de um estudo piloto (*1, 2 e 3*), a partir do qual foram feitas modificações nas atividades propostas. As modificações, porém, foram referentes somente à primeira atividade, de forma que os resultados da segunda aplicam-se também a esses estudantes. Em resumo: 12 estudantes participaram da primeira atividade (*5 a 16*) e 15 participaram da

¹⁰ Um breve comentário sobre as origens e modificações na pesquisa qualitativa faz-se muito pertinente em nosso contexto, dado que vimos discutindo diferentes concepções de construção, ensino e aprendizagem de conceitos científicos. De acordo com Demo (1998), a introdução de métodos qualitativos na pesquisa veio como reivindicação das ciências sociais e humanas, inconformadas com a “ditadura do método” imposta pela tradição positivista, na qual a dialética estava excluída enquanto método importante da reconstrução do conhecimento, tomando as ciências exatas e naturais como modelos paradigmáticos.

segunda atividade (estudantes 1 a 16, com exceção de 4, que não participou dessa fase da investigação).

Os encontros com os participantes da pesquisa tiveram a duração aproximada de 1 hora, sendo 30 minutos, em média, empregados na resolução das atividades e 30 minutos destinados à realização da entrevista propriamente dita. As atividades foram realizadas, na maioria das vezes, no próprio Instituto de Química, em salas de estudo apropriadas.

Seguem-se, agora, as descrições das atividades desenvolvidas com os estudantes, os resultados obtidos, discussões e reflexões delas decorrentes.

Capítulo 4

A investigação

4.1. Primeira atividade: discutindo diferentes abordagens para o ensino de Química

Com o objetivo de ampliarmos nosso entendimento acerca da importância atribuída pelos estudantes à construção da “ponte” entre o percebido e o imaginado proposta por Atkins (1999), a eles foram apresentados cinco parágrafos distintos, cada um contemplando uma abordagem diferente para o ensino de Química, ainda que todos constituam aspectos complementares, conforme descrito anteriormente. Os trechos expostos aos participantes da pesquisa encontram-se abaixo apresentados.

1 – A ênfase no cotidiano

Quando vemos expressões do tipo “esse produto não contém química”, estamos diante de um equívoco comumente cometido pelos meios de comunicação e pessoas comuns. Isso porque a Química está presente em todos os aspectos de nossa vida, seja quando consumimos ou preparamos alimentos, fazemos uso de materiais como tintas, madeira e plásticos ou quando escovamos os dentes.

2 – As contribuições tecnológicas e a problemática do mau uso

A contribuição tecnológica da Química foi de grande importância para a humanidade, pois proporcionou a produção de um grande número de fármacos utilizados no tratamento de várias doenças, a substituição dos metais por plásticos, a disponibilidade de diferentes combustíveis, etc. Porém, é importante lembrar que esse avanço também apresenta seu aspecto negativo, representado, principalmente, pelos diversos males ambientais por ele provocados.

3 - A Química enquanto construção humana – abordagem epistemológica

A Química é uma forma de ver e pensar sobre o mundo, criada e constantemente modificada pelos cientistas. Assim, seus conceitos só podem ser entendidos através do uso de uma linguagem própria e simbologias características, além da importante capacidade de abstração, para que haja o entendimento dos fenômenos em nível microscópico.

4 – A contribuição do conhecimento matemático

A Química, quando associada ao conhecimento matemático, permite fazer uma série de previsões e discussões acerca dos fenômenos e reações químicas de interesse. Exemplos são o estudo do equilíbrio químico, dos cálculos estequiométricos e vários outros.

5 – O aprendizado da Química e tendências ao operativismo mecânico

A Química não é mais fácil ou mais difícil que as outras áreas da ciência. Pra entendê-la, é importante estar atento às aulas e procurar resolver exercícios que apresentem os conceitos discutidos em aula.

Após a leitura dos trechos solicitou-se que os licenciandos organizassem, de forma hierárquica, as diferentes abordagens apresentadas, julgando a importância a elas atribuída em situações de ensino e aprendizagem da ciência Química. Em outras palavras, o que esses estudantes julgam como sendo importante para eles enquanto estudantes de Química, e para seus alunos, enquanto futuros professores dessa disciplina?

Estabelecida a ordem requerida, tinha início o diálogo durante o qual os licenciandos deveriam justificar suas escolhas e exteriorizar suas impressões acerca dos trechos propostos, momento de grande riqueza e importância para a pesquisa.

Faz-se necessário reiterar que, ao propor a atividade, partimos do pressuposto de que não existe uma ordem esperada e, em absoluto, correta. A finalidade primeira era promover o debate acerca das diferentes abordagens e, principalmente, tentar identificar a importância atribuída pelos licenciandos, em situações de ensino-

aprendizagem, à discussão da Química enquanto produção do homem e à explicitação de seu caráter essencialmente abstrato.

Os resultados obtidos serão agora apresentados, estando divididos em duas partes: o licenciando enquanto futuro professor e enquanto estudante de Química. Devemos mencionar que essas instâncias são, em última análise, indissociáveis, dado que “não parece haver dúvidas de que a prática pedagógica de cada professor manifesta suas concepções de ensino, de aprendizagem e de conhecimento como, também, suas crenças, seus sentimentos seus compromissos políticos e sociais” (Schnetzler, 2002). Dessa forma estamos, independente da situação considerada, tratando de indivíduos cujas opiniões e percepções exerceram influência em qualquer âmbito de atuação.

4.1.1. O licenciando enquanto (futuro) professor

Dentre as observações depreendidas das falas dos estudantes enquanto futuros professores de Química, uma merece destaque devido à sua unanimidade: a recorrência das falas em defesa da contextualização e aplicação do conhecimento químico no cotidiano. Para 100% dos estudantes participantes da pesquisa, a desmistificação da Química como algo “ruim” e a conscientização de que essa ciência é responsável por muitas das coisas que utilizamos ou temos contato no nosso dia-a-dia deve ser o ponto inicial e/ou principal do ensino de Química. A defesa dessa assertiva fica muito clara no discurso dos estudantes, conforme explicitado nos trechos:

E₆. (...) quando você vai dar uma aula, principalmente se for pro ensino médio, primeira coisa que você tem que desmistificar é essa coisa de a Química ser ruim, porque a gente percebe que eles não têm essa base. Então a primeira coisa que você tem que fazer é apresentar a Química, mostrando que ela é uma ciência, não aquilo que matou os peixinhos no rio (...) Aí vem a coisa, o aluno se interessa muito pela aula quando você mostra que ele vai usar aquilo (...) ele fica muito mais interessado, presta atenção, acaba até, às vezes, discutindo com você o uso disso ou não.

E₁₀. Enquanto professor, o principal aspecto seria primeiro mostrar que a Química tá presente (...) eu teria que seduzir o aluno pra ciência, né? Então mostrar que ela é importante, que ela tá presente em todos os aspectos (...).

*E₁₁. Pra ensinar eu acho que é o primeiro conceito que tem que ter (referindo-se ao primeiro parágrafo). Porque senão eles viram 'é, pra que?'. Tudo tem que ter uma finalidade. Então esse já fica sendo o primeiro exatamente porque, quando eu aprendi, ele foi o primeiro.*¹¹

E₁₂: Na minha opinião o mais importante seria o número um quando você é professor. Porque essa questão de 'esse produto não contém Química', né, é realmente uma coisa que o aluno tem que ter com ele. Eu acho que no início de tudo, quando você é professor mostrar pro aluno que realmente a Química tá no cotidiano dele e parar com esse negócio de aqui tem Química, aqui não tem, ficar divulgando.

E₁₄. (...) eu coloco como prioridade a primeira, porque eu acho que isso é uma coisa que tem que sair da cabeça das pessoas, que Química é um objeto. Porque as pessoas acham que a Química é um ingrediente que se coloca dentro de um saquinho, e não que é uma ciência que estuda todas as coisas.

A importância da contextualização do que é ensinado (ou aprendido) tem inegável importância. É através desse processo que o conhecimento pode ser transformado em algo prazeroso ou, ao menos, útil. É nele que podem ser compreendidos paradoxos da atualidade, como o crescente aumento das populações excluídas e prejuízos ambientais lado a lado com o veloz desenvolvimento científico e tecnológico. Não podemos, portanto, conceber um ensino de ciências desconectado do universo de interesses e necessidades daqueles que aprendem. Os provocantes questionamentos de Chassot em *'Para que(m) é útil o ensino?'* vêm somar-se a essas considerações:

*"(...) qual a **alfabetização científica** que tem um aluno da periferia de uma grande cidade que **sabe** números quânticos, mas não conhece a química dos processos de galvanoplastia, que ele opera durante o dia na indústria que o emprega? Ou quanto **sabe ler o seu mundo** um aluno do meio rural que **conhece** o que são isótonos, mas que não sabe usar uma adubação alternativa ou corrigir a acidez do solo com cinza?" (Chassot, 2004, p. 122) – destaques dados pelo autor.*

¹¹ Fica clara aqui a influência da história do aluno na formação da figura docente. De acordo com Carvalho e Gil-Pérez (1993): "(...) os professores têm idéias, atitudes e comportamentos sobre o ensino, devidos a uma longa formação 'ambiental' durante o período em que foram alunos (...). A influência dessa formação incidental é enorme porque responde a experiências reiteradas e se adquire de forma não reflexiva como algo natural, óbvio, o chamado 'senso comum', escapando assim à crítica e transformando-se em um verdadeiro obstáculo" (Carvalho e Gil-Pérez, 1993, p. 26)

O autor complementa, ainda, dizendo que não podemos retornar aos primórdios do ensino de Química, quando seu conhecimento era *“restrito, esotérico e privilégio de alguns poucos iniciados”* (p. 122).

Um problema, porém, passa a existir e a tornar-se significativamente preocupante quando a valorização do cotidiano passa a sobrepor-se às demais abordagens discutidas, de maneira a torná-las menos importantes ou, até mesmo, dispensáveis. De maneira interessante, essa relação apareceu muito evidente quando a abordagem acerca da natureza da ciência Química (parágrafo 3), de maior interesse para essa pesquisa, era colocada em discussão. Assim, essa última foi colocada, por alguns estudantes, como uma *complexificação desnecessária* do processo de aprendizagem, podendo ser suprida por atividades de contextualização, processo que comumente aparece como finalidade, como objetivo final do ensino de Química.

Ent. *E sobre a terceira questão (parágrafo)?*

E₅. *Não que eu julgue que ela tem alguma importância, assim... Porque tem muitas questões mais (inaudível). Eu acho que não precisava ser abordada. Dependendo da situação, principalmente quando você é professor, tem muito pouco tempo, eu acho que tem coisas que você não precisa abordar. Mas, em grau de importância ela vem depois, né... Porque aqui acho que fala um pouco de cotidiano (referindo-se ao parágrafo 2).*

E₆. *(...) a três eu não... Eu não vi assim tanta... Eu gostei da primeira parte da frase, que fala de uma forma de ver e pensar sobre o mundo, mas aí quando ele fala de uma simbologia característica, eu acho que é simplesmente como a matemática, né. Ela tem uma simbologia característica, a química também tem. Isso é importante. Mas eu acho que não é tão importante quanto o uso da química...*

Ent. *Ele fala da linguagem, da simbologia e da capacidade de abstração. Esses conceitos não são tão importantes quanto a aplicação da química?*

E₆. *Eu acho... Não que não seja importante, mas eu acho que a outra parte é mais importante (...) eu já acho importante na hora que você ta ensinando. Porque é uma forma de você apresentar a química também, né, você mostrar como é que um cientista pensa, como ele vê o mundo de uma forma diferente. Eu acho que é mais uma apresentação também, né, da química, mostrar que ela tem uma parte abstrata, que não é só cálculo...*

Cabe destacar que nesse trecho, a estudante 6 mescla suas opiniões enquanto estudante ao seu parecer enquanto futura professora. Fica evidente, porém, a colocação das discussões acerca da natureza e método de estudo e construção do conhecimento em Química em um plano introdutório, ou seja, esses aspectos devem

estar presentes durante a “apresentação da disciplina”, sendo mais importante a discussão da aplicação dessa ciência e de suas contribuições à sociedade.

E₁₄. *Você tem uma linguagem específica da Química e você tem que seguir isso, assim, eu pus como último porque tem como você falar sem isso. (...) Tem como você, com palavras diferentes, sem ter que usar uma simbologia, mas explicar o fenômeno.*

Ent. *Nessa questão, ele também fala da importância da abstração. O que você acha sobre isso?*

E₁₄. *É, não é, assim, na verdade é importante, mas nem em todos os casos. É mais importante na parte microscópica, aquilo que a gente não vê, mas precisa ter um certo nível de abstração. É que você falou pra eu tentar ver como um todo, então eu acabei deixando um pouco, não de lado, mas como não tão importante, não tão relevante.*

E₁₆. *E por último ficou o terceiro, por causa da citação da linguagem própria, das simbologias e da ‘abstracidade’ do negócio, eu acho que dá pra deixar isso meio de lado, dá pra deixar pra lá levando em consideração que a gente vai trabalhar com o cotidiano (...) Dá pra usar coisas práticas, coisas do cotidiano, evitar dificultar o processo.*

A supervalorização do cotidiano aparece mesmo entre os estudantes que vêem na discussão da natureza da Química um aspecto importante a ser discutido:

E₁₂. *Aí eu coloquei a três como importante, uma das mais importantes também, por conta da linguagem e da simbologia que o aluno tem que saber, tem que ter com ele que quando ele vê alguns símbolos, algumas fórmulas, associar com a Química. Mas na minha opinião o mais importante seria o número 1 (...)*

Ent. *Então pra você é mais importante que o aluno tenha consciência que a Química está presente nas coisas dele, que faz parte do mundo dele, do que ele conheça o conceito em si?*

E₁₂. *Sim, eu acho que sim. É mais importante.*

Conforme discutido, a conscientização acerca da participação da Química em nossas atividades e da importância do domínio de seu conhecimento para compreender a realidade que vivenciamos e, eventualmente, modificá-la, tem valor irrefutável. Apesar disso, a simples associação das ocorrências cotidianas a fenômenos químicos estudados na escola não garante ou implica o real entendimento dos conceitos e modelos que embasam as explicações (científicas) para tais fenômenos.

Trazendo a discussão para o campo epistemológico, acreditamos que a defesa indiscriminada da contextualização enquanto objetivo principal do ensino de Química decorre de certo nível de empirismo. Assim, o domínio do conhecimento químico aparece atrelado principalmente e/ou unicamente à sua correspondência a fenômenos

visíveis, observáveis. A influência do empirismo (sabidamente ainda muito presente nas salas de aula de ciências em todos os níveis de ensino) fica ainda mais evidente na segunda atividade, quando alguns estudantes permitiram-nos ter contato com seu entendimento acerca do papel da experimentação no ensino.

A postura acima descrita aproxima-se de uma simplificação demasiada da atividade científica, acercando-a do senso comum, olvidando que a construção de seu conhecimento parte justamente do questionamento do manifesto e do evidente. Retomando a citação de Echeverría feita na página 46, essa simples promoção do pensamento empírico pouco contribui para desenvolvimento das capacidades intelectuais dos estudantes.

Apesar do exposto, a utilização de experimentos e exemplos que reflitam o cotidiano, defendida pelos licenciandos, aparece essencialmente respaldada pelo interesse despertado nos aprendizes. Sobre essa assertiva, Bachelard também dá sua contribuição, alertando para o risco de um “falso interesse”, o que indubitavelmente configura um obstáculo epistemológico à formação do espírito científico:

*“(...) no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto (...) Sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de **inconsciente do espírito científico** (...)” (Bachelard, 2005. p.50-51) – destaque dado pelo autor.*

Creemos poder estender aqui a racionalização das experiências à racionalização dos exemplos mencionados em sala de aula, muitas vezes encarados por aqueles que o recebem como meros fatos, cujos vínculos com teorias e racionalizações científicas não está claro.

Ainda sobre a discussão da abordagem apresentada no parágrafo três, a não importância atribuída a seu conteúdo (ou até mesmo a rejeição dele) muitas vezes pareceu ser devida a um não entendimento por parte dos estudantes:

Ent. E por que você colocou a terceira como o aspecto menos importante?

E₉. (lê novamente a questão) Forma de ver e pensar sobre o mundo... Esse negócio de simbologia também... Não acho que seja um aspecto assim tão importante. Não vejo a Química como uma forma de ver e pensar (...) A primeira parte não tem nada a ver com a segunda (...) Tá bem confusa essa terceira, por isso até eu acho que eu deixei como última porque tá bem distante uma coisa da outra.

Ent. Por que você acha que está distante?

E₉. Ah... É uma forma de ver e pensar sobre o mundo. Aí você já fala de simbologia (...) O que tem a ver com ver e pensar sobre o mundo?

Ent. O que você acha da capacidade de abstração? Você acha importante?

E₉. (silêncio) É... Também pra mim não encaixa. Pra mim esse parágrafo ficou muito confuso.

E₁₅. Eu acho que ela (a Química) não pode ser constantemente modificada, entendeu? Eu acho que ela tem os parâmetros dela e é sempre seguido naquele molde (...) Eu concordo que ela tem uma simbologia própria, entendeu? Mas eu acho que, assim, não é necessário, pra você entender o que está acontecendo, saber a simbologia da química nem a abstração.

Ent. E isso seria importante em outros casos? Quando seria importante?

E₁₅. Mais num estudo mais específico.

Ent. E a questão da abstração?

E₁₅. Não, eu acho que ela não... Abstração que você fala é como?

Ou à restrição da discussão a apenas alguns aspectos presentes no trecho:

E₁₁. Eu achei a número 3 (mais importante) porque quando eu entrei no colégio foi exatamente quando teve a modificação do moles pra mols. Então eu gostei nesse aspecto... não sei se é realmente o que quer dizer, mas é importante tá atualizando porque mesmo quando eu cheguei na faculdade, tendo em vista de quando eu entrei no colégio, quando eu cheguei na faculdade tinham professores que usavam moles ainda. E ainda usam moles, então é importante tá atualizando.

Ent. E essa questão da abstração? Você considera uma coisa importante?

E₁₁. Ah...eu já não...É que eu não peguei como um todo, né? Esse foi o problema... mas eu acho que também é importante porque...aí...na Química tá tudo relacionado, né? Eu acredito... Então, eu acho que, aí não sei, eu acho que o pela parte da atualização, tanto da...tipo de passar um modelo novo que tiver da parte de abstração eu acho que também é importante.

Ent. Passar um modelo novo... O que você quer dizer com "modelo novo"?

E₁₁. Não, que nem, foi tendo as atualizações dos modelos, pra tá passando... Ah, não sei. Eu acho que eu considere a questão da atualização como um todo.

As falas revelam a falta de argumentos quando é iniciada discussão acerca da natureza, forma de construção e apresentação do conhecimento químico. Essa dificuldade de diálogo reflete, por sua vez, a inabilidade muito provavelmente decorrente da ausência das reflexões em nível epistemológico durante a formação inicial desses estudantes, e indubitavelmente influenciará negativamente sua prática profissional, esteja ela vinculada ou não ao domínio pedagógico. Acedendo a Maldaner,

“Para considerarmos alguém iniciado em Química não basta que saiba decifrar a simbologia química, é necessário que conheça também o tipo de pensamento usado nessa matéria e entenda as especificidades metodológicas da produção do conhecimento químico” (Maldaner, 2003, p. 163).

Apenas três estudantes valorizaram os aspectos contidos no parágrafo três como a essência e objetivo primeiro da ciência Química, tendo, por esse motivo, presença indispensável no ensino dessa disciplina. Dentro dessa percepção, os demais aspectos apresentados apareceriam como pontos indiscutivelmente importantes, mas que serviriam como “caminho” para a compreensão da discussão da natureza da Química, de sua especificidade de linguagem e forma de trabalho.

E₇. *Como professor (...) a primeira coisa é mostrar pro aluno que a química ta presente sempre, no dia-a-dia, em qualquer lugar. Depois, que pra você entender ela você precisa trabalhar com modelos, com conceitos, com coisas microscópicas. Então que o poder de abstração tem que ser grande, né.*

E₁₀. *Não que seja pouco importante, na verdade eles (os aspectos contidos no parágrafo três) são os mais importantes, mas eu colocaria os outros primeiro como uma ordem pra explicar. Porque são aspectos que talvez poderiam chamar a atenção do aluno e se ele achou aquilo interessante que eu falei no começo talvez ele preste atenção no resto.*

E₁₃. *(...) ciência é justamente isso, né? É a gente modificar uma idéia que ta equivocada e você, a partir daí, então, você apresenta uma nova idéia. Quando a gente pensa em termos de construção de modelos, foi assim que aconteceu, né?*

Ent. *E sobre a questão da abstração?*

E₁₃. *Eu diria que é o objeti... Assim, é essencial. Porque é difícil você ter uma idéia de uma coisa que você não vê. Você acreditar... Por exemplo, na Física geralmente você (inaudível) os efeitos muito simplificadaamente. Na Química isso já é um pouco mais difícil. Por exemplo, você pode até ver a mudança de cor, uma titulação ácido-base, mas como você explicar isso daí, e realmente*

acreditar que isso tá acontecendo, é uma coisa bem mais complicada. Então a abstração é fundamental.

Conforme apresentado, acreditamos ser essa a real essência do conhecimento químico (e, conseqüentemente, de seu ensino e aprendizagem): a explicação do tangível pelo intangível.

4.1.2. O licenciando enquanto estudante de Química

Apesar de apenas dois estudantes (estudantes 5 e 8) terem mantido a ordem de relevância estabelecida tanto para situações de ensino quanto de aprendizagem, a ênfase no cotidiano, na contextualização, e nas contribuições da ciência Química em termos tecnológicos ainda foram observados como sendo os aspectos mais importantes pela maioria (sete) dos estudantes. As justificativas para essa escolha foram essencialmente as mesmas apresentadas anteriormente. Reapareceram, ainda, as situações de supervalorização desse aspecto em relação às discussões de cunho teórico e a má compreensão do referido texto destacadas anteriormente.

Somando-se aos três casos citados no item anterior, duas estudantes (estudantes 11 e 12) atribuíram maior importância à discussão da natureza e das especificidades da ciência Química, diferindo de suas opiniões enquanto futuras professoras, apresentadas no item anterior. No primeiro caso, porém, ficou clara, durante a fala da estudante, a restrição de sua discussão do texto a apenas um dos aspectos nele contidos: o da linguagem, mais especificamente preocupada com questões de nomenclatura.

E₁₁. *Eu achei a número três porque...quando eu entrei no colégio foi exatamente quando teve a modificação do moles pra mols. Então eu gostei nesse aspecto... não sei se é realmente o que quer dizer, mas é importante tá atualizando porque mesmo quando eu cheguei na faculdade, tendo em vista de quando eu entrei no colégio, quando eu cheguei na faculdade tinham professores que usavam moles ainda.*

Ent. *Então na três você pegou o aspecto da linguagem, né? E essa questão da abstração? Você considera uma coisa importante?*

E₁₁. *Ah...eu já não...É que eu não peguei como um todo, né? Esse foi o problema... mas eu acho que também é importante porque...ai...na Química tá tudo relacionado, né? Eu acredito... Então, eu acho que, ai não sei...*

O problema da não percepção dos processos de abstração e racionalização, então, permanece.

Já em relação à estudante 12, sua defesa da importância da abstração e entendimento teórico-conceitual dos fenômenos químicos apresentada nesse momento da atividade contrapõe-se à sua posição enquanto futura professora, quando sugere que o conhecimento dos aspectos cotidianos é satisfatório numa situação de ensino, atribuindo o segundo plano para o entendimento conceitual (página 64).

E₁₂. E a três eu coloquei como a mais importante, que é a forma de ver e pensar sobre o mundo criada e constantemente modificada pelos cientistas. Eu coloquei principalmente por causa do... Porque realmente, a gente precisa pra entender os conceitos, da linguagem, tem uma linguagem própria em Química, tem uma simbologia característica e também precisa de uma abstração porque senão a gente não consegue... Eu acho que nem fazer o curso, se você não tem essa abstração você não consegue entender muitos fenômenos.

Apesar de existir um entendimento e até uma percepção (na própria vivência como estudante) da importância do raciocínio abstrato na aprendizagem dos conceitos químicos, essa habilidade não é considerada primordial numa situação de ensino. Reiteramos, assim, a introdução dos elementos teórico-conceituais como complexificação desnecessária na opinião de alguns estudantes, quando o assunto discutido é o ensino de química.

Finalizando as discussões acerca dessa atividade, um aspecto interessante que merece ser destacado, e que não foi mencionado anteriormente, refere-se ao lugar atribuído ao conhecimento matemático em sua relação com a Química. De maneira geral, foi observada uma maior valorização dos aspectos matemáticos quando os sujeitos da pesquisa falam sobre eles enquanto estudantes de Química, fato que não surpreende dada a maior especificidade e profundidade dos estudos desenvolvidos na graduação. Essa observação ficará ainda mais clara após a apresentação de algumas observações derivadas da atividade dois, conforme será exposto posteriormente. Por hora, apresentamos o seguinte exemplo:

E₆. Aí... A do conhecimento matemático... Eu acho que isso é importante na hora de você comprovar uma situação, né.

Causa ainda mais inquietação a discussão do papel desse conhecimento em uma situação de ensino:

E₆. Isso (conhecimento matemático) é importante não só pro aluno saber fazer os cálculos, mas acho importante você fazer na hora de comprovar aquilo que você tá explicando pros alunos. Isso aqui... Mas será que isso é verdade? Porque a matemática eles sabem que nunca vai mentir, né, sei lá, eles têm isso na cabeça. Então você mostrando, com uma continha lá, eles ficam satisfeitos. Isso acontece, isso é verdade.

As falas evidenciam, primeiramente, a necessidade de dar ao conhecimento científico a posição de verdadeiro, de algo que deve ser provado. Essa percepção da ciência e da construção de seu conhecimento está referida no trabalho de Gil-Pérez e colaboradores (2001) como uma das deformações mais amplamente identificadas na literatura. À construção do conhecimento científico associa-se um caráter algorítmico e infalível, recusando o que se refere ao caráter tentativo ou à dúvida. Nos casos acima apresentados, o conhecimento matemático aparece como responsável pela atestação da autenticidade das assertivas da ciência e não como ferramenta importante para sua construção.

Um grande problema decorrente do uso mecânico do conhecimento matemático, como mera ferramenta de confirmação do conceito e/ou fenômeno discutido, é que quando o fazemos, assumindo a existência de uma verdade única e inquestionavelmente demonstrável, contribuímos para o que Gil Pérez denomina “visão elitista da ciência”, caracterizada pela insistência de que o conhecimento científico é um domínio reservado a minorias especialmente dotadas:

“Contribui-se (...) para esse elitismo escondendo o significado dos conhecimentos por meio de apresentações exclusivamente operativas. Não se faz um esforço para tornar a ciência acessível (começando com tratamentos qualitativos, significativos), nem para mostrar o seu caráter de construção humana, em que não faltam hesitações nem erros, situações semelhantes às dos próprios alunos” (Gil Pérez et al, 2001, p. 133).

O objetivo do ensino de ciências, especialmente da Química, passa, então, a estar na aceitação da “verdade” científica, ao invés de concentrar-se no desenvolvimento de uma nova forma (uma alternativa) de pensar e interpretar os

fenômenos da natureza, ou seja, nos tratamentos qualitativos e significativos mencionados no trecho acima.

Ao final da discussão da primeira atividade desenvolvida somos alertados, então, para a aparente ausência de reflexões que abarquem a natureza da ciência Química nos cursos de formação de futuros professores dessa disciplina. Corrobora com essa assertiva a observada “supervalorização do cotidiano” que parece abrigar uma forte tendência ao empirismo, ainda presente nas salas de aula de ciências, e considerado por nós o aspecto mais preocupante e importante apreendido dessa atividade.

A necessidade de contextualização do conhecimento ensinado ou aprendido parece “ceifar” outras possibilidades de compreensão e contemplação do conhecimento científico, obscurecendo suas reais finalidades e contribuições para o engrandecimento intelectual daqueles que se propõem a aprendê-lo. Mais uma vez destacamos que, assim como Maldaner (2003),

“(...) não estamos afirmando que o pensamento científico ou o pensamento abstrato e descontextualizado seja superior a outras formas (sempre mediadas) de pensar e agir, estamos apenas proporcionando o contato com os instrumentos culturais próprios de uma sociedade científica, que é histórica, que é real” (Maldaner, 2003, p.107).

As observações até o momento comentadas, porém, derivam da interpretação dada pelos estudantes aos trechos apresentados, ou seja, originam-se da compreensão *teórica* dos licenciandos acerca da natureza Química, de suas estratégias de trabalho e dos objetivos de seu ensino e aprendizagem. Cabe, porém, investigar como esses estudantes lidam *na prática* com as variadas possibilidades de abordagem do conhecimento químico discutidas nessa atividade. Isto é, como esses aspectos estão presentes e como são utilizados quando os sujeitos da pesquisa empenham-se na resolução de problemas propostos? É, essencialmente, a essa pergunta que a segunda atividade proposta visa responder.

4.2. Segunda atividade: outros problemas e as interpretações em nível teórico-conceitual

A análise dos questionários acerca do fenômeno de dissolução e as impressões construídas com base nas conversas a eles referentes sugeriram, conforme apresentado, dificuldades e, em alguns momentos, ausência de habilidade na manipulação de construtos imaginários como ferramenta e estratégia para a resolução de problemas. A atividade discutida no item anterior, por sua vez, aponta para a ausência de familiaridade dos licenciandos com as reflexões acerca da ciência a que dedicam seus estudos, fato explicitado na rara percepção de suas peculiaridades e de seu caráter essencialmente abstrato, quando o objetivo é propor explicações ou fazer previsões acerca de fenômenos observáveis.

A construção de argumentações mais ricas acerca dessas considerações, porém, dependeria de dados mais concretos e abrangentes, resultantes da exposição dos estudantes a situações distintas, onde outros conceitos fossem requeridos e trabalhados. Nova atividade foi, então, proposta a 15 dos 16 participantes dessa fase do trabalho.

Três questões relativas a fenômenos ampla e comumente discutidos em situação escolar (em qualquer nível de ensino) foram apresentadas:

- o aumento da pressão de um gás em recipiente fechado (volume constante) quando esse é aquecido;
- o favorecimento da formação de produtos quando um sistema em equilíbrio é acrescido de reagentes; e
- o maior ponto de ebulição de uma solução de água e cloreto de sódio em relação ao ponto de ebulição da água.

Num primeiro momento, eram apresentadas alternativas de resposta à questão proposta, conforme demonstrado no exemplo abaixo. É importante observar a solicitação de que os licenciandos avaliassem, assim como na primeira atividade, a

existência de diferenças entre a explicação para ele enquanto estudante de Química, e a explicação dada por ele enquanto futuro professor dessa disciplina.

1. Quando aumentamos a temperatura de um recipiente fechado contendo um gás em seu interior, observamos um aumento da pressão interna no mesmo. Qual (is) das alternativas abaixo você acha que melhor explica o fenômeno:

- i) para você, enquanto estudante de Química.
- ii) para você, enquanto professor que está preparando uma aula sobre os gases.

a) A expressão abaixo deriva da Lei Geral dos Gases:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{Onde:} \quad P_1 \text{ e } P_2 = \text{pressão (inicial / final)}$$

$$T_1 \text{ e } T_2 = \text{volume (inicial / final)}$$

Essa expressão demonstra que a P e a T são grandezas diretamente proporcionais. Portanto, um aumento da temperatura do sistema acarretará em aumento da pressão.

b) O aumento da temperatura leva a um aumento da energia cinética das partículas do gás, ocasionando um maior número de colisões dessas com as paredes do recipiente, fenômeno que define o conceito de pressão. Assim, um aumento de temperatura ocasiona um aumento de pressão no interior do recipiente. Esse é o princípio da Lei de Charles.

c) O fenômeno acima é o responsável pela advertência encontrada em embalagens de aerossóis: *“não deixe a embalagem exposta ao sol ou a temperaturas elevadas”*. Como o volume no interior da embalagem é constante, o aumento de temperatura pode ocasionar um aumento de pressão suficiente para que ocorra uma explosão.

d) Outra

Frente a essa primeira proposta (a de apresentação de alternativas) os fenômenos acima descritos foram escolhidos principalmente em razão da facilidade de proposição de explicações referentes às diferentes abordagens do ensino de Química mencionadas anteriormente. Mais uma vez, esse fato implica a inexistência de respostas mais ou menos corretas, apenas diferentes (com exceção das alternativas referentes à contextualização, que apenas ilustram o fenômeno, não fornecendo qualquer explicação para sua ocorrência). Assim, dentre as alternativas estavam presentes, essencialmente, a ênfase no cotidiano, nas demonstrações matemáticas e a proposição de uma explicação em nível microscópico. Esse modelo foi apresentado a seis estudantes (incluindo dois participantes do pré-teste, conforme explicitado no Capítulo 3).

As observações das respostas, porém, levou ao seguinte questionamento: essa forma de avaliação está mesmo refletindo o raciocínio do estudante? Durante a leitura das alternativas o estudante poderia tomar conhecimento de alguma forma de explicação que lhe parecesse mais adequada, mas que não refletisse seu pensamento original. Uma observação bastante interessante que culminou nessa reflexão foi a surpreendente preferência que os estudantes apresentavam pelas explicações em nível microscópico, o que parecia contradizer as constatações originadas da análise dos primeiros questionários, apresentados no início da pesquisa, e das impressões resultantes da atividade discutida no item anterior.

A fala da estudante 5 ilustra muito bem essa contradição. Conforme mencionado, quando perguntada sobre a importância dos aspectos discutidos no parágrafo três da primeira atividade, a resposta da estudante sugeriu a não valorização da abstração e das especificidades de comunicação e trabalho na ciência Química (página 63). Durante a discussão dos problemas apresentados nessa atividade, no entanto, as explicações em nível microscópico pareciam atender de maneira mais completa às exigências da estudante para a interpretação dos fenômenos solicitados. Assim, comentando a questão referente à variação de pressão em função da temperatura (ver Apêndice IV para questão completa):

Estudante 5

***E₅.** Então aqui eu comecei falando do que eles têm no cotidiano (**c**), né, depois vem pra **b**, que é uma explicação científica, mas não abordando equações ainda, e por último a **a** que tem a equação que eu acho super importante também.*

***Ent.** Por que você acha que a **b** é mais científica que a **a**?*

***E₅.** Não científica, é uma explicação que você usa a ciência, mas você não usa cálculos. Eu acho que é bem mais fácil do aluno entender do que o cálculo matemático. O aluno ou eu no caso, né.*

A primeira qualidade atribuída pela estudante à explicação em nível teórico-conceitual é a de que se trata de uma argumentação “mais científica”. Esse comentário sugere a percepção, ainda que inconsciente, da distinção entre a simples exposição de um fato e a racionalização do mesmo, como tentativa de extrair sua essência e, enfim, explicá-lo.

Essa observação torna recorrente a consideração de que, ainda que nem sempre apresentem a habilidade em lidar com modelos constituintes do universo químico ou estejam sequer familiarizados com as peculiaridades desse universo, de alguma forma os estudantes percebem a importância dessas ferramentas, mesmo que esse entendimento não esteja formalizado.

Uma alteração na atividade foi, então, proposta: o primeiro contato dos participantes da pesquisa com os assuntos a serem trabalhados dava-se através de uma questão aberta, conforme exemplo abaixo:

1. Quando aumentamos a temperatura de um recipiente fechado contendo um gás em seu interior, observamos um aumento da pressão interna no mesmo. Como você explicaria esse fenômeno?

Finalizadas as atividades, eram apresentadas, durante a entrevista, as questões acrescidas das alternativas e os estudantes eram convidados a avaliar as outras abordagens propostas.

Abaixo estão apresentadas as respostas obtidas para as questões abertas e, na sequência, com alternativas, para cada uma das questões. O roteiro de atividades contendo as questões e as alternativas apresentadas pode ser consultado no Apêndice IV. Apesar da extensão do texto e do risco de tornar a leitura cansativa, optamos pela apresentação das falas de todos os participantes da pesquisa na tentativa de aproximar mais o leitor de seu universo, de suas incertezas e contradições, além de promover maior riqueza de discussões.

Questão 1

Resposta à questão aberta	Resposta à questão com alternativas
<i>E₈. Ai, não sei. Essa da temperatura aumenta e a pressão... Aumentando a pressão eu fiquei imaginando a variação de volume também existente... Então eu fiquei imaginando assim, eu trabalhava no centro de ciências, e quando a gente trabalhava com criança a gente trabalhava com bexiga. Então punha a bexiga no gelo, ela murcha, depois ela enche de novo. Então a gente sempre relacionava temperatura com agitação da molécula, mas pra criança</i>	<i>E₈. Ai, não sei, eu acho que eu explicaria, pelo menos pelo que eu falei, pela b, né. Pelas questões relacionadas, a pressão o volume, a temperatura (...).Que eu acho que eu não iria explicar pela equação primeiro, a primeira vez que me questionassem. Talvez se eu estivesse explicando pra uma sala e eles me questionassem, eu acho que eu explicaria pela b. Se eles não entendessem pela b eu acho que aí eu partiria pra uma equação, mostrar</i>

não podia falar molécula, né, então relacionar com calor e frio, que quando eu tô com frio eu fico encolhido e quando eu tô com calor eu fico mais espaçado, todo mundo fica mais longe um do outro. E depende da idade mostrar, imaginar a agitação das moléculas, aumentando a temperatura, a pressão do lugar aumenta...	uma equação matemática, mas eu acho que eu preferia tentar explicar de outra maneira, com exemplo...
E₉. Se você aumenta a temperatura você tá aumentando a distribuição, tá aumentando a desordem, tipo a colisão das moléculas, então vai tá havendo uma movimentação ali dentro, um distanciamento entre essas moléculas e aumenta a pressão.	E₉. É complicado você dar uma explicação por fórmulas, né. Eu acho que fica difícil pra eles entenderem. Então eu acho que aqui seria mais essa b mesmo.
E₁₀. Em termos da pressão, a temperatura vai aumentar a movimentação das moléculas, elas vão se movimentar mais. Aí você poderia fazer uma analogia que, por exemplo, mesmo o ser humano, né, no calor fica mais agitado fica mais esparramado e no frio fica mais recolhido. Com as moléculas a mesma coisa. Aí essa agitação faz com que elas empurrem mais a parede do recipiente, né, e isso que ela faz de empurrar a parede é o que a gente enxerga como pressão, que nem quando a gente empurra uma bexiga e isso que você tá empurrando a pressão, então como elas tão se movimentando mais aumenta a pressão porque elas vão tá se batendo mais, se chocando mais com a parede.	E₁₀. ---
E₁₁. Bom, no primeiro, eu usaria a dinâmica da bexiga na garrafa (...) Tipo tá com a garrafa apertada e põe a bexiga na boca da garrafa e solta, que ela puxa a bexiga ou quando você põe a bexiga com a garrafa normal apertada e ela... Seria a variação do volume com a pressão pra depois explicar a parte de quando tiver a variação da temperatura (...) E aí seria a relação com os alunos, por exemplo, se tivesse todo mundo correndo no meio da sala num movimento e depois o chão esquentasse e você não conseguisse ficar com o pé muito tempo no chão e a velocidade aumentasse. Então ia ter maior choque, e isso ia aumentar a pressão.	E₁₁. Eu gostei da explicação b, eu só não me lembro se esse é o princípio de Charles, mesmo (...) eu achei interessante porque foi mais ou menos o que eu escrevi na parte da relação dos alunos como a sala, né, com o ambiente.
E₁₂. (...) eu lembrei, quando eu li, de fazer a relação de temperatura e pressão pra explicar esse primeiro conceito, falar sobre lei dos gases, de repente aplicar fórmula, né, e mostrar a relação que tem T, P e V. E assim, e usar algumas, não sei, não lembro de alguma atividade assim diferenciada que tenha pra	E₁₂. Então, eu usaria, no caso, a lei dos gases pra começar o conceito, sem deixar de falar também do princípio da lei de Charles e a parte do cotidiano (...) Ent. Você acha que ela (alternativa d) está explicando o fenômeno?

atividade assim diferenciada que tenha pra explicar esse conceito, mas deve ter, né, alguma coisa. Mas de repente, sei lá, começar com a lei, né, e tentar mostrar a relação e depois talvez bolar um experimento ou uma atividade ali que o aluno possa visualizar o conceito.	E₁₂. Não, não tá explicando, mas tá exemplificando. Ent. Qual você acha que explica melhor o fenômeno? E₁₂. Que explica? Eu usaria a lei geral dos gases, a a. Ent. Você acha que é mais fácil de entender? E₁₂. Eu acho que sim (...) Pelo menos aparentemente, né, pra pelo menos ter uma noção, uma introdução do conceito (...) seria na verdade eu acho que uma complementação uma da outra. Acho que essa seria a inicial, assim, com o complemento da b, depois a c só para exemplificar, realmente, porque ela não explica o conceito, mas ela exemplifica com uma coisa que é do cotidiano, que aliás, é uma coisa que a gente não tem, né, quando tá na graduação. A ligação do cotidiano com o conceito químico. Aí você vai dar aula e o aluno quer saber muito sobre o cotidiano, e você não sabe, né.
E₁₃. (...) um exemplo clássico considerando a situação apresentada é o caso de um pneu gasto, um carro que tenha pneu gasto, que esteja rodando uma grande distância, num dia quente. Então a pergunta é: por que que ele estoura? Então ela entra dentro desse contexto, né? Então, o que acontece? As moléculas, elas estão sempre em movimento. Uma vez que você aumenta a temperatura, você tá fornecendo energia pro sistema. E conseqüentemente, se elas estão em movimento e você está fornecendo energia pro sistema, você está aumentando o número de colisões com a parede, falando especificamente do pneu. Então você tá aumentando, você tá aumentando as colisões, porque o volume é constante. Então, se você tá aumentando as colisões contra essa parede, você tem um efeito maior de pressão. Isso vai fazer com que, como ele tá gasto, ele vai aumentando, vai aumentando, vai chegar um ponto que ele não vai resistir e você vai ter ali o estouro do pneu.	E₁₃.---
E₁₄. (...) eu não sei, posso ta falando bobeira, mas eu explicaria da seguinte forma: com o aumento da temperatura você tem um aumento do movimento das moléculas, elas vão se agitar e isso, o gás vai expandir seu volume. Como você ta num recipiente fechado, esse gás não tem por onde escapar, e aí ele vai ficar ali preso...uma grande quantidade de	E₁₄. (...) eu ficaria com a b. Que é praticamente o que eu falei, mas em outras palavras e acho que... Porque eu julgo assim, pra você explicar, pra você não ta usando fórmula, nem nada, é uma forma de você explicar ser tem que fazer cálculos.

<i>gás preso num pequeno recipiente, que não tem por onde sair, então essa pressão lá dentro vai ser maior, porque você tá tendo movimento, que ninguém consegue...Eu daria um exemplo assim: você tem 100 pessoas dentro de uma sala de 3 por 3 metros. Alguém quer escapar, então aquilo vai ficar um turbilhão, ninguém vai conseguir fazer nada, ninguém vai...vai tá todo mundo querendo sair, então ali vai começar um converseiro, uma barulheira...eu explicaria fazendo uma analogia com alguma coisa desse tipo.</i>	
E₁₅. Então, eu colocaria que teria aumento da energia do sistema e, conseqüentemente, aumentaria a entropia do mesmo, e com isso aumentaria a movimentação das moléculas, a interação entre elas e o gás expandiria.	E₁₅. Como professor eu usaria a b e a c pra explicar Ent. A c explica o fenômeno? E₁₅. Não. Demonstra.
E₁₆. Então aqui tá falando dos gases, né, você vai aumentar a temperatura... Aqui você já começa a utilização de leis pra explicação. Eu utilizaria uma lei pra explicar isso. A temperatura é diretamente proporcional à pressão. As moléculas de um gás estão em movimento, estão todas a uma distância considerável e com o aumento da temperatura essas moléculas vão tender a aumentar sua velocidade, a sua cinética. Então elas vão começar colidir de tal maneira que vão expandir. Com a expansão você tem o aumento da pressão. Acho que é isso. Então aumentando a temperatura você aumenta a expansão das moléculas através da cinética delas, né, do aumento da movimentação das moléculas, vai haver expansão, ou seja, um aumento de pressão.	E₁₆. Pelo fato de estar em termos de cotidiano, a c se for ver é melhor... Ent. Mas ela explica o fenômeno? E₁₆. (silêncio) É. É mais uma ilustração. Apesar de... Porque você não tá explicando o porquê ocorre, né, o aumento da pressão. Agora nos dois casos de cima sim, acredito que sim. Ent. Qual pra você é o mais completo, ou o mais satisfatório? E₁₆. A b, acho que a b.

Questão 2

E₈. Sobre o equilíbrio eu acho assim... É como se fosse uma balança. Então, se eu tenho um equilíbrio eu tenho uma balança estabilizada, paradinha com dois pratos. Aí se eu aumentar a concentração desse lado, eu vou ter que aumentar do outro pra balança poder se equilibrar de novo. De repente mostrar que as coisas sempre tendem ao equilíbrio e que tudo na natureza tende ao equilíbrio e a reação também vai tender ao equilíbrio. E aí se eu aumentar a concentração de um lado, do outro lado eu vou ter que aumentar pra deixar, sei lá, relaciona com uma balança eu imaginei. Não sei um outro jeito.	E₈. Agora...eu não sei. Eu acho que eu explicaria usando a c... Que ele fala da situação de equilíbrio, só que eu acho que eu usaria um exemplo então a d...eu acho que eu ficaria com d, que a d usa o galinho pra explicar... Ent. Mas a d explica o fenômeno? E₈. Deixa eu ver...Não, eu acho que ela não explica...eu acho que não fica muito claro. Eu acho que talvez utilizar o exemplo na c (...). Ent. O que não te agradou muito na b?
---	---

	E₈. Na b o que não agradou muito de novo foi o fato de ter uma equação, é que eu acho que eu prefiro sempre tentar puxar, sei lá, em algum conceito, <u>em alguma coisa abstrata primeiro</u>, e se ele não conseguir entender aí mostrar pra ele os cálculos. É porque eu acho que quando a gente mostra os cálculos, assusta um pouco (...) Então quando você mostra primeiro um outro exemplo ele fala nossa, mas eu nunca pensei desse jeito. Aí eu acho que ele não assusta tanto... Ent. E na a? E₈. É porque eu acho que na a não tá explicando, não tá mudando muito... Dá a impressão de que eu tô lendo a mesma coisa que tá escrito, sei lá, dá a impressão de que eu tô lendo uma questão. Porque, sei lá, <u>eu acho que eu nunca explicaria assim, né.</u> (...) É que lendo, dá impressão que eu falei, falei, e não falei nada. (...) dá a impressão de que assim: a hora que você explicar desse jeito o aluno vai falar: que? Aumentou a colisão? Mas já tinha colisão... Sei lá, acho que ficaria mais difícil pro aluno entender...
E₉. Quando você tem o equilíbrio você tem que ter exatamente concentrações no equilíbrio de um lado e do outro. Então se você aumenta de um lado, você tem que conseqüentemente deslocar a produção do produto ou voltar pros reagentes pra que aquilo continue em equilíbrio. Então se você aumenta a concentração dos reagentes essa reação necessariamente vai ser deslocada pra formação dos produtos pra manter o equilíbrio. Ou se você retira o produto no caso ele também vai ser deslocada pra formação de mais produtos pra suprir o que foi retirado. Então ela sempre vai ter que estar... Vai ter que ter a mesma quantidade de um lado e do outro.	E₉. Pra mim ficou meio difícil essa letra a. <u>Pra mim não faz sentido</u>, não vejo muita coerência. Mais a b e a c. Essa daqui (c) em linhas gerais é o que eu respondi e a b relaciona com a constante de equilíbrio, que eu não tinha pensado na constante de equilíbrio. Então, na minha opinião a c seria mais simples do que você aplicar uma constante de equilíbrio. Ent. Na a, o que você achou de estranho, que te incomodou? E₉. Eu não encontrei relação com o equilíbrio. Não tá mencionando, assim, de forma explícita o que é o equilíbrio na reação. Tá só falando que você vai aumentar o número de colisões e que você vai favorecer a formação de produtos. Mas isso não tem a ver com a reação voltar ao seu equilíbrio natural, a manter a concentração constante.
E₁₀. Aqui na reação de equilíbrio seria na verdade o princípio de Le Chatelier, né, que aí ele fala que se o sistema está em equilíbrio ele vai tender a permanecer em equilíbrio sempre. Se eu colocar mais reagente, eu vou estar deslocando, eu vou estar afetando esse equilíbrio, o sistema vai sair do equilíbrio quando eu colocar mais reagente, então o sistema vai tender naturalmente a voltar pro	Ent. Você incluiria também a a na sua explicação? (a estudante marcou a alternativa a como sua preferência no roteiro da atividade) E₁₀. É porque <u>a c não explica muito bem porque que tem a variação na concentração ela explica mais o princípio de Le Chatelier, e na a ele explica melhor porque ele fala do número de colisões e tal...</u>

equilíbrio. Se eu coloquei reagente a mais eu tenho que tirar esse reagente que eu pus a mais pra ele voltar pro equilíbrio. Como eu só tenho... o sistema é fechado, o único jeito de eu tirar é fazer ele se transformar em produto, então o reagente que eu coloquei em excesso vai se transformar em produto e as quantidades vão voltar ao que tava antes de eu deslocar.	Ent. Você já tinha pensado sobre essa forma de explicar o equilíbrio químico? E₁₀. Não, em termos de colisões não. É que <u>a gente tende a ver em termos de colisão mais em termos de cinética, não costuma muito usar colisões pra equilíbrio</u>. Mas é uma boa maneira também de explicar. Essas questões que relacionam com o cotidiano eu acho que seria uma forma de exemplificar, mas não explica.
E₁₁. (...) seria a dinâmica das bolinhas com a caixinha, que você chega a um equilíbrio quando você tem só reagente aí você chega ao equilíbrio. E depois...aí você daria mais reagente pra eles, eles teriam que colocar aquilo no sistema deles e ver o que ia acontecer. No caso o deslocamento da reação. Ent. Mas como você explica o fenômeno? E₁₁. Eu ia relacionar as bolinhas com os reagentes, que você ia tá colocando reagentes, que ia tá deslocando a reação. Ent. E porque quando você coloca mais reagente você desloca a reação pra formação dos produtos? E₁₁. <u>Não pensei nisso</u>, mas quando você coloca reagente você tende a formar o produto porque tem a constante, né? Ela tem que ser sempre constante... Então você tem que variar a concentração deles pra tá mantendo a constante constante.	E₁₁. Eu achei interessante a d por causa da comparação porque, ah, sei lá, acho que a maioria das crianças, dos adolescentes já viram o galinho do tempo. É uma coisa que eles têm no cotidiano, é importante tá fazendo essa relação. Nos livros, vem muito a questão do princípio de Le Chatelier. Todo mundo chega na faculdade, falou em Le Chatelier, não tem um que não lembra. Mas também a questão das constantes... conforme o nível dos alunos, também seria importante tá falando, entendeu? Ent. Você acha que a d explica o fenômeno? E₁₁. (Silêncio prolongado) Ai.. Dependendo de como for abordado... Não seria só isso, teria mais coisas envolvidas. Ent. Pra explicar o fenômeno você comentou da c e da b, que você gostou das duas. E a a? O que não te agradou na a? E₁₁. Ah... A a (...) é importante também, mas aí depende do nível que você tá, entendeu? Do entendimento deles... <u>Que talvez seja necessário tá usando esse tipo de explicação para os alunos, se eles não estiverem chegando</u>. Ent. Você acha que essa explicação a seria uma coisa mais fácil pra entender, então pra alunos que não tivessem entendido, ou mais difícil de entender? E₁₁. Mais fácil... Ent. Mas você só usaria se fosse necessário? E₁₁. É... Depende, depende da bagagem que vem, de qual aluno que é. Por exemplo, <u>se você pega um aluno que já tem uma certa deficiência na parte, e precisa de uma explicação também, acho que seria importante começar pela a, mas aí a parte b, já seria uma parte aprofundada</u>.
E₁₂. Aqui eu pensei mais na teoria, mesmo, de equilíbrio, de ensinar pro aluno. E também,	E₁₂. Eu acho que eu começaria com a c, princípio de Le Chatelier pra explicar o

fazer uma atividade (...) Tem até uns joguinhos pra ensinar equilíbrio químico, né, então eu acho que seria uma maneira. Mas primeiro ensinar o conceito, né, eu acho que... De repente com as fórmulas, mesmo, com a teoria em si e depois, é... Fazer uma atividade com os alunos pra que eles vivenciem o conceito. Ent. Mas se você fosse explicar o fenômeno agora. Que explicação você daria? E₁₂. Olha, o que me lembra assim, é, a questão do equilíbrio, é quando você aumenta a quantidade de reagentes, automaticamente, automaticamente assim, né, tendendo ao equilíbrio, vão se formar mais produtos. Mas aí eu precisaria elaborar mais, dar mais uma lida.	conceito, depois falaria da a, sobre a questão do número de colisões, a b, a fórmula, né, porque a gente poderia tratar de fórmulas, mas enfocando mais a teoria, e aqui uma expressão matemática, né, que poderia tá ajudando na elaboração desse conceito. E a d que eu acho que ficou como uma parte do cotidiano também pra exemplificar, ela não explica, mas ela é um exemplo claro, né.
E₁₃. É.. A segunda já é um pouco mais complicada. Eu pensei em alguma coisa, mas eu não tive muita certeza, então eu vou falar mais genérica. Então, uma situação de equilíbrio se estabelece em condições específicas. Uma vez que você perturba esse equilíbrio, ele vai tender a atingir uma nova situação de equilíbrio porque, pra ele, é uma situação confortável. Então quando você aumenta a concentração de reagente, conseqüentemente pra você continuar tendo um sistema em equilíbrio ele vai automaticamente favorecer a formação de produtos.	E₁₃. (...) <u>eu pensei em falar sobre essa questão do aumento das colisões também</u>, só que eu acho que ficaria... Eu não sei... <u>Eu acho que seria mais difícil dele entender das colisões em termos do líquido, né, dentro do líquido você ter colisão do que pro gás</u>, né, eu acho que pro gás fica mais fácil você falar de colisões porque você tem esse exemplo clássico do pneu estourando então todo mundo visualiza e quer saber por que, né? Ent. Você chegou a pensar nela, então... Você usaria numa situação de aula? E₁₃. Não sei... Eu acho que talvez se eu não conseguisse transmitir o conhecimento através de outra idéia, essa seria uma outra forma de tá explicando. Eu certamente falaria dessa questão... Eu acho que eu me enquadrei mais nessa c, que foi o princípio de Le Chatelier. Ent. Então você acha que a c explicaria melhor do que a a? E₁₃. É... Eu não sei se é porque também foi o que a gente aprendeu durante todo o ensino médio, depois na faculdade, que é o mais clássico, né, então quando a gente pensa em equilíbrio vem logo Le Chatelier.
E₁₄. Ah...Agora do equilíbrio químico...Essa é uma questão que me acompanha por toda a minha história química. Eu entendo, é uma coisa que eu entendo. Eu. Mas eu não consigo explicar... Se a reação acontece tem reagente, tem produto, então a reação acontece. Tendo ela todas as condições favoráveis pra ela acontecer, se você aumentar os reagentes, conseqüentemente você vai ter uma quantidade maior de produtos. Então esse	E₁₄. Na segunda, eu ficaria com a c. Que é realmente o que eu imagino, mas eu não conseguia explicar, da perturbação. Ent. O que te desagradou na b? E₁₄. Na verdade, é o que eu te falei. Eu me vi nessas questões, como se um aluno meu tivesse chegado pra mim e falado isso. Então eu tentaria explicar pra ele da forma mais simples. E aqui, na b, você já entra com

equilíbrio vai ser deslocado no sentido da formação de produtos, porque você aumentou a concentração dos reagentes necessários. Não tem nada de ooooohhh (...) <u>Na verdade eu acabei confirmando o que você falou, não expliquei...é uma dificuldade minha. Eu entendo, mas eu não consigo explicar... Eu vejo na minha cabeça...</u> Ent. Como você vê na sua cabeça? E₁₄. <u>Eu vejo uma equação, A + B dando C, o equilíbrio...mas eu não consigo explicar isso, é engraçado.</u>	equação, aí você já vem com a constante de equilíbrio. Como eu te falei, eu imaginei o meu aluno coitado...Alguém falou isso pra ele e ele vem me perguntar...Então pra não complicar. Ent. E a a? E₁₄. É, Eu também gostei da a, mas eu achei que a c foi mais abrangente. Ent. Explica melhor? E₁₄. Explica melhor. Essa aqui (a) explica, mas é aquele explica que você fala ta entendi, aí você vira pra trás e... Entendi, mas não muito.
E₁₅. No dois é... Então aí eu ia colocar em cima do equilíbrio. Porque tá em equilíbrio, uma vez que você perturbar o equilíbrio, ele vai tender sempre a manter aquele equilíbrio, a restabelecer o equilíbrio, então por isso que quando você adiciona mais reagente você perturbou o equilíbrio e ele vai estabelecer de novo, e pra ele estabelecer de novo ele tem que ir no sentido da formação dos produtos.	E₁₅. (...) eu colocaria a c, depois poderia ilustrar com a d. Ent. O que te desagradou na b? E₁₅. Eu acho que ficou muito abstrato... Eu acho que não engloba uma explicação muito adequada, entendeu? Pra mim ela não diz nada, entendeu? Ela só ta baseada na constante, e em cima dessa constante ela só ta falando que...ele ta dizendo que o k é constante e que se você aumentar um ele vai tender a ser constante sempre àquele valor, Ent. E a a? E₁₅. Não é que desagradou... eu acho que a c explica melhor do que a a. Eu acho que a explicação tá parecida, mas eu <u>acho que a c explica de um jeito mais conciso que a a. A a também pra mim ta muito abstrata.</u> Você falou que não tem nenhuma questão errada, mas eu achei meio... Não errada, mas o jeito de explicar não tá muito legal.
E₁₆. A gente tem que o equilíbrio, numa reação química, a gente tem uma mesma proporção em ambos os lados, reagente e produto. Disso a gente chegou no equilíbrio. Dá pra explicar através de uma analogia, até mesmo na produção de um bolo. Se você vai fazer um bolo você tem fermento, farinha, leite, são os reagentes, e o bolo, o produto. Se você tem mais fermento, mais farinha, mais leite, você vai ter um bolo maior. Até que se equilibre a proporção de reagentes pra produtos. Então através de analogias dá pra ta explicando isso.... Não sei se ficou claro. Ent. Mas por que quando eu aumento a concentração de reagentes eu vou formar mais produtos? E₁₆. Ah, porque você vai ta tendo uma reação química. Se você tem ali que o reagente, o próprio nome já fala, A + B vai reagir pra	E₁₆. (o registro não foi possível, mas o estudante optou pela alternativa a).

formar o produto C. Eles vão ter condições propícias tanto de temperatura, de pressão, que vai levar eles a chegarem numa interação pra formar um produto novo. Então eles vão ter condições propícias pra ta se unindo, interagindo, pra chegar ao produto de tal forma que não tenha mais reagente tanto A quanto B pra reagir e ta formando mais produtos. E vice-versa. Se a gente aumenta aqui a concentração de produtos, a tendência vai ser deslocar. Então o equilíbrio é sempre pensar numa balança, uma balança em proporções iguais. Se aumenta de um lado, a tendência é deslocar pro outro. Não sei se era isso que você queria...

Questão 3

E₈. Então, eu nunca tinha pensado a respeito, assim de como eu explicaria porque que a temperatura aumenta, né. Aí, eu fiquei imaginando, talvez desenhar... Eu fiquei imaginando a solvatação dos íons e a dificuldade por conta da solvatação, a dificuldade das moléculas saírem do estado líquido e passarem para o estado gasoso. Tudo eu fiquei imaginando, porque eu nunca pensei como explicar isso, porque eu acho que é difícil pra um aluno perceber que a molécula que ta na superfície, ela vai pro estado de vapor e outra volta. Fiquei imaginando que deve ser difícil isso. Por isso que eu falei pra você, eu não sei como explicar...

E₈. Eu acho que eu precisaria de um exemplo como sempre, gostei do exemplo, aliás. Mas eu acho que eu explicaria pela **b**, é o que eu tinha imaginado (...). De novo vou ficar por último com a equação. Ma a **a** eu também acho que...a **a**, eu acho que eu citaria ela. Ela fala muito das propriedades, tal, e pressão de vapor do solvente...Eu acho que eu usaria da **a**...eu citaria ela, mas eu usaria mesmo a **b**.

E₉. Eu lembro bem por cima que quando você tem uma solução você tem também interação íon-dipolo além das ligações de hidrogênio na água. Então pra ter a ebulição disso, você vai ter que romper essas interações íon-dipolo além das ligações de hidrogênio da água. Então maior energia vai ter que ser fornecida, como consequência maior o ponto de ebulição.

E₉. A **d** também tá ilustrando. Essa daqui (**c**), eu nem lembrava dessa fórmula. Essa daqui (**b**) foi o que eu disse no geral, você tem que fornecer mais energia porque além da interação das ligações de hidrogênio da água, das interações moleculares, você tem interação soluto-solvente, que é o íon-dipolo, você vai ter que fornecer mais energia pra tá rompendo essas interações. Essa aqui (**a**) eu também achei legal, eu não tinha pensado dessa forma, da pressão de vapor. Então eu ficaria com a **a** e com a **b**.

Ent. Então se você fosse explicar pra um aluno...

E₉. É, eu acho... Bom, foi o que eu lembrei e que eu acho que seria mais fácil a **b**.

E₁₀. Então, na solução, quando você tem uma mistura o PE não é o de nenhuma das substâncias puras isoladas, né, então você teria a água a 100 e o cloreto a uma temperatura tão alta que na verdade ele nem vai entrar em ebulição, ele se decompõe. Então o eu vai acontecer é que quando você tem uma mistura a temperatura de ebulição vai ser intermediária, nem de uma substância pura, nem da outra. Nesse caso, ela vai tá mais próxima da água até pela concentração da água que vai ser bem maior que a do sal. Então você vai ter uma temperatura de ebulição mais alta porque a do sal é bem mais alta, só que ela não vai aumentar muito, vai ser uma diferença bem pequena.	E₁₀. Aqui eu acho que eu não usei nenhuma delas, né, porque <u>aqui ta fazendo uma explicação mais microscópica (referindo-se à alternativa b) e eu só falei do fenômeno, eu não falei muito o porquê. Porque a a ta falando de pressão de vapor, aí às vezes não tem esse conceito, né, você precisava desse conceito pra entender essa explicação. Acho que a b dá pra entender melhor.</u>
E₁₁. Na terceira também seria a mesma coisa: caixinha, bolinha, considerando as bolinhas de isopor coloridas, explicando a relação da água com a pressão, por exemplo, se tiver cloreto, vai tá ali dissociado na água, então ia ter tanto bolinhas indicando Na^+, Cl^- e as bolinhas de água também e uma outra caixinha onde tivessem só as bolinhas de água, seriam um H^+ e um OH^-. E aí explicando a questão, por exemplo, se for pra ela entrar em ebulição porque tá esquentando, seria o impedimento da bolinhas pra tá saindo... Ent. A mesma pergunta que eu te fiz na segunda eu te faço agora: o que explica o fenômeno? E₁₁. Seria por causa da... Como é que fala? Da variação que dá... Ai meu Deus, como eu vou explicar? (...) Como se ele fosse causar um impedimento nas moléculas pra ela estar... Porque tem a água, tem a pressão de vapor aí vai aumentando a temperatura, ela tende a mudar de estado, e aí tem a temperatura de ebulição, onde ela fica em equilíbrio... Só que se tiverem os íons dissociados eles tenderiam a... Como eu falo? Como se fosse causar um impedimento... Eu até tenho na cabeça montado... Mas aí pra explicar... Sabe quando você vê o modelinho, a equação, quando o professor monta... o gráfico. Só que eu não... Ah, vamos pular? Qualquer coisa se eu pensar em alguma coisa...	E₁₁. Na terceira eu ficaria com a b, que <u>seria a mais fácil de tá passando pros alunos essa questão, na parte de eles tarem gravando depois, que seria a parte das interações que era mais ou menos o que eu queria falar naquela hora, mas não... Não consegui.</u>
E₁₂. (...) eu não lembro muito o conceito, realmente, envolvido. Eu lembro que eu estudei em Físico-Química 2, eu não lembro, lembro de uns gráficos. Talvez... como explicar esse conceito? Como eu explicaria esse	E₁₂. O que mais me lembra desse assunto é essa questão das propriedades coligativas (referindo-se à a), né. Então acho que começaria com ela também, e essa interação soluto-solvente, solvente-solvente também.

conceito eu não sei.	Agora essa questão da fórmula eu deixaria como uma coisa bem mais... Seria mais um aprofundamento da teoria, mesmo. Ela é bem específica.
E₁₃. Quando você adiciona sal na água você tá aumentando a estabilidade dela. Então, isso faz com que tenha uma dificuldade, como consequência, uma dificuldade no processo de ebulição. Então a consequência imediata disso, e a fazer como que o quê? Com que o ponto de ebulição dela seja mais alto. Ent. Por que você falou que aumenta a estabilidade? E₁₃. Então, porque você aumenta a entropia. Você aumenta a entropia do sistema. Então uma vez que você aumenta a entropia do sistema, ele tá num estado de menor energia, então isso facilita é... então você tá dificultando com que as moléculas passem do estado líquido para o estado de vapor. Então como consequência você aumenta o estado de vapor.	E₁₃. Com relação à terceira eu me enquadrei mais na b. Eu acho que pra mim seria <u>uma forma mais didática</u> e aí, eu complementaria justamente com esse exemplo da d. Então <u>pra quem não acreditasse</u> eu ia fazer esse experimento, você colocar o mesmo volume de água em dois recipientes e acrescentar sal em uma e colocar um termômetro pra medir a temperatura e eles verificarem que a temperatura seria diferente. Então eu taria provando e reforçando, então, o conceito.
E₁₄. Bom, a água pura tem um ponto de ebulição específico, quando se adiciona um soluto, que também tem um ponto de ebulição específico, você vai ter um aumento de... Não uma união, mas você tendo os dois, cada um com seu ponto de ebulição, na hora que eles se misturam o ponto de ebulição vai mudar, não vai ser nem o ponto de ebulição da água, nem o ponto de ebulição do sal, vai ser um outro ponto de ebulição. Nesse caso, o ponto de ebulição é maior que o da água pura. Novamente eu usaria uma analogia, quando você ta fazendo macarrão ou quando você ta fazendo café. Você sempre espera a água ferver primeiro pra depois você colocar sal ou açúcar na água, porque? Se você colocar antes ela vai demorar mais pra ferver. Eu explicaria dessa forma, não sei se também ficou muito claro.	E₁₄. (...) a c não me agrada. Você já percebeu que eu não gosto de equações matemáticas.... Ó, a a também, pra mim, como estudante universitária, ela me agrada, porque ela explica propriedades coligativas, tal, mas eu acho ela muito forte, explicar, assim, desse jeito (...) Então eu ficaria com a d, que foi também o que eu quis dizer quando eu respondi, que é dar o exemplo de você colocar em casa uma panela só com água, e uma com água e sal... É o que eu te falei... é trazer mais próximo, trazer o conceito pro cotidiano. Ent. O que você achou da b? E₁₄. É, a b também é uma boa, mas ela já tem um grau de conhecimento maior, coisa de interação solvente...Então pra uma explicação mais simples a d pra mim é mais... Pra mim como estudante, a a, a b são as melhores. Ent. Você acha a b mais difícil? E₁₄. Não, não que eu ache difícil. Se eu não soubesse da interação solvente-solvente, soluto-solvente, isso seria mais complicado, mas isso é uma coisa que eu já sei. Então pra mim não é difícil, eu entendo das duas formas, tanto a a quanto a b. Agora como professora eu escolheria a d. Ent. E você acha que a d explica o fenômeno?

	E₁₄. Ela não explica completamente, mas eu acho que ela junto com o que eu falei, elas acabariam, assim.... Confirmando, não sei. Na verdade, ela é uma explicação pra uma pessoa leiga.
E₁₅. (...) então na três eu ia colocar que a presença do cloreto de sódio, ele ia interagir com as moléculas de água em forma dipolo-dipolo e ia dificultar a ebulição da água.	E₁₅. E a três...Na três, eu acho que eu usaria <u>a b pra explicação como professor, mas como estudante de química, a a.</u> Ent. Então você acha que é mais fácil pro aluno entender a b. Por que? E₁₅. Porque ta colocado de um jeito mais, eu acho que mais... Sei lá, cotidiano, mais fácil pra ele entender. Ent. Solvatação é cotidiano do aluno? E₁₅. (...) pensando que eles já têm um conteúdo. É, como professor eu vejo que <u>a b é mais fácil pra eles entenderem porque foi fácil de eu entender</u>, então eu procurei colocar, entendeu? Ent. Por que, se essa foi mais fácil pra você entender, você preferiu a a como estudante? E₁₅. Não, então... <u>Essa daqui (a) denota, como estudante, que eu tenho um maior conhecimento do que a b.</u> Pra passar a matéria, e preferiria essa (b), mas pra colocar numa prova...
E₁₆. Aqui eu usaria a somatória das pressões parciais. Quando você tem a água pura, a pressão de vapor da água pura vai ser igual à pressão total dela, ou seja, a pressão total vai ser aonde a gente tem a temperatura de ebulição. Se a gente tem uma mistura de água você vai ter a somatória das pressões de vapor. Você vai ter a pressão de vapor da água mais a pressão de vapor da água com sal, vai ser igual à pressão total, que vai ser a temperatura de ebulição. Então, se você vai ter, no caso da água pura, que a pressão da água é igual à pressão total de vapor, aqui você vai ter duas pressões somadas. Então você vai ter uma pressão total maior e conseqüentemente uma temperatura de ebulição mais elevada. Mais ou menos...	E₁₆. (o registro não foi possível, mas o estudante optou pela alternativa b).

De forma geral, a primeira impressão, que parece “saltar” dos trechos acima apresentados, é a maior facilidade que os estudantes apresentaram na proposição de explicações para o fenômeno de aumento de pressão do gás mediante aumento da

temperatura, especialmente se voltarmos nossa atenção para o uso e manipulação de partículas microscópicas na elaboração dessas explicações. Com exceção da estudante 12, e salvo algumas inadequações conceituais e dificuldades outras, as quais merecem espaço (ainda que breve) para discussão pormenorizada, todos os estudantes mencionaram e consideraram direta ou indiretamente (através de analogias) a existência de partículas cuja maior movimentação decorrente do aumento de temperatura levaria a um maior número de colisões com as paredes do recipiente e, conseqüentemente, ao aumento da pressão do gás. Coerentemente, todos esses estudantes mostram identificar-se mais com a alternativa **b** (ver *Apêndice IV*) para essa questão, aceitando a explicação em nível teórico-conceitual com grande naturalidade.

Essa análise poderia fazer-nos repensar, ao menos momentaneamente, as críticas e conjecturas feitas até aqui sobre a pouca habilidade desses estudantes na proposição de explicações segundo maior nível de abstração. A mesma desenvoltura no manejo das entidades particulares não foi observada, porém, nas demais questões, principalmente quando o equilíbrio químico era o assunto em pauta: a proposição de explicações para as questões abertas parecia mais dificultada, e nem sempre a alternativa que fornecia uma explicação em nível teórico-conceitual era aceita tão espontaneamente.

Faz-se perceptível nesse momento uma instigante semelhança com os resultados obtidos nas discussões acerca do processo de dissolução: os fenômenos concernentes ao estudo sobre gases, bem como os efeitos relativos às variações em suas grandezas físicas, são amplamente discutidos ao longo de todo o ensino médio, assim como na graduação, sendo que variadas analogias encontram-se disponíveis para a abordagem desse conteúdo, as quais são facilmente encontradas em livros didáticos ou situações de sala de aula. As propriedades coligativas, por sua vez, constituem um tema ao qual, aparentemente, pouca atenção é dispensada, aparecendo algumas vezes como algo “perdido” na memória dos estudantes ¹². Em relação ao seu tratamento em livros texto, esses geralmente valorizam os aspectos quantitativos,

¹² Algumas falas evidenciam a pouca familiaridade ou a pouca importância atribuída ao tema como “*Eu nunca estudei essa matéria (...) pro vestibular isso ainda cai?*” (Estudante 3) ou “*Nos livros do ensino médio isso aqui ta muito jogado (...) você já ouviu falar que vai tirar essa parte de propriedades coligativas do ensino médio?*” (Estudante 1).

sendo dada pouca (ou nenhuma) ênfase às explicações em nível teórico-conceitual baseadas nas interações soluto-solvente que permitem explicar as variações observadas, além de geralmente constituírem um dos últimos tópicos trabalhados nos volumes de físico-química. A situação não é diferente quando o equilíbrio químico constitui o tema em questão. A ênfase nos cálculos envolvendo constantes de equilíbrio e na aplicação muitas vezes simplista e acrítica do princípio de Le Chatelier, desconsiderando os aspectos teóricos e modelos explicativos, contribuem para seu enquadramento como um dos temas de maior dificuldade de ensino e aprendizagem dentre os componentes curriculares de Química para o ensino médio (Maskill e Cachapuz, 1989; Bergquist e Heikkinen, 1990) e, conforme discutiremos, possivelmente para o ensino superior ¹³.

Temos, então, situação muito semelhante à dissolução do cloreto de sódio e ácido clorídrico (situações comumente estudadas) *versus* ácido cianídrico e iodo (situações raramente discutidas): as explicações elaboradas pelos estudantes são, de fato, frutos da manipulação mental de entidades teórico-conceituais ou tratam-se de simples reproduções de esquemas previamente memorizados?

A preocupante tendência para a segunda opção, e conseqüentemente para a já mencionada ausência de habilidades no trabalho com modelos, fica ainda mais evidente quando analisamos as considerações de alguns estudantes sobre as questões referentes ao estudo dos gases e ao equilíbrio químico.

Tanto o fenômeno de aumento da pressão de um gás sob aquecimento quanto o favorecimento da formação de produtos quando um sistema em equilíbrio tem sua concentração de reagentes aumentada podem ser explicados em termos da teoria de colisões (ver *Apêndice IV*). A utilização dessa teoria, porém, parece ter sua aplicação restrita a sistemas gasosos, conforme pode ser observado nos trechos abaixo, referentes à discussão das alternativas de resposta apresentadas para o problema do equilíbrio químico (as respostas propostas pelos estudantes à questão envolvendo

¹³ Diversos artigos podem ser encontrados na literatura para aprofundamento acerca das dificuldades de ensino e aprendizagem do equilíbrio químico. Dentre eles, recomendamos a leitura de Banerjee, 1991; Bergquist e Heikkinen, 1990; Furió e Ortiz, 1983; Hernando, 2003; Johnstone, 1977; Machado e Aragão, 1996; Moncaleano et al, 2003; Quílez Pardo e Sanjosé, 1995; Raviolo, 1995 e Wheeler e Kass, 1978.

variações de temperatura e pressão podem ser consultadas no nas páginas 75-78 para efeito comparativo).

E₁₀. (...) a c não explica muito bem porque que tem a variação na concentração, ela explica mais o princípio de Le Chatelier, e na a ele explica melhor porque ele fala do número de colisões e tal...¹⁴

Ent. Você já tinha pensado sobre essa forma de explicar o equilíbrio químico?

E₁₀. Não, em termos de colisões não. É que a gente tende a ver em termos de colisão mais em termos de cinética, não costuma muito usar colisões pra equilíbrio.

E₁₃. Eu acho que seria mais difícil dele entender das colisões em termos do líquido, né, dentro do líquido você ter colisão do que pro gás, né, eu acho que pro gás fica mais fácil você falar de colisões (...)

Ent. Você chegou a pensar nela, então...Você usaria numa situação de aula?

E₁₃. Não sei... Eu acho que talvez se eu não conseguisse transmitir o conhecimento através de outra idéia (...) Eu certamente falaria dessa questão... Eu acho que eu me enquadrei mais nessa c, que foi o princípio de Le Chatelier.

Ent. Então você acha que a c explicaria melhor do que a a?

E₁₃. É... Eu não sei se é porque também foi o que a gente aprendeu durante todo o ensino médio, depois na faculdade, que é o mais clássico, né, então quando a gente pensa em equilíbrio vem logo Le Chatelier.

A análise dos trechos evidencia a nítida desvinculação entre o estudo da cinética e o estudo do equilíbrio químico, que geralmente o sucede em livros didáticos: “a gente tende a ver em termos de colisão mais em termos de cinética, não costuma muito usar colisões pra equilíbrio”. Além disso, é exposta também a já mencionada dificuldade de extrapolação do modelo a sistemas não gasosos, o que reflete um entendimento pouco claro do mecanismo atualmente defendido para a ocorrência das reações químicas (Maskill e Cachapuz, 1989).

Em outros casos, ainda, a aplicação da teoria de colisões a sistemas aquosos parecia extremamente desconfortável para alguns licenciandos:

E₈. É porque eu acho que na a não ta explicando (...) Dá a impressão de que eu tô lendo a mesma coisa que ta escrito, sei lá, dá a impressão de que eu tô lendo uma questão. Porque, sei lá, eu acho que eu nunca explicaria assim, né. (...)É que lendo, dá impressão que eu falei, falei, e não falei nada.

¹⁴ Uma consideração de extrema relevância acerca desse trecho trata da percepção, por parte da estudante, da insuficiência do simples uso de um princípio na explicação do **por quê** do fenômeno. Essa percepção dá-se no momento em que lhe é apresentada uma forma de explicação alternativa àquela comumente utilizada por professores e livros texto, o que sugere uma possível expectativa (inconsciente) dos estudantes não correspondida pelo sistema de ensino a que estão submetidos. Essa hipótese será melhor fundamentada e discutida num momento posterior.

*E₉. Pra mim ficou meio difícil essa letra **a**. Pra mim não faz sentido, não vejo muita coerência (...) Eu não encontrei relação com o equilíbrio. (...) Tá só falando que você vai aumentar o número de colisões e que você vai favorecer a formação de produtos. Mas isso não tem a ver com a reação voltar ao seu equilíbrio natural, a manter a concentração constante.*

*E₁₄. (...) Essa aqui (**a**) explica, mas é aquele explica que você fala ta entendi, aí você vira pra trás e... Entendi, mas não muito.*

Conforme referido, o problema agora destacado reitera a afirmação apreendida das observações da primeira fase da pesquisa: de fato, não parecem existir **modelos**, ou seja, não existe um trabalho mental com construções que possam ser extrapoladas a diferentes situações e condições de trabalho. O que aparece é a busca (memorística e, portanto, mais relacionada às **imagens**) por respostas já antes vivenciadas, conhecidas, apresentadas por algum professor. Como outro exemplo, quando perguntada sobre o maior ponto de ebulição de uma solução de água e cloreto de sódio em relação ao ponto de ebulição da água, a estudante 12 recorre ao que foi visto em sala de aula, sem que seja observada tentativa alguma de elaboração de uma explicação pessoal:

E₁₂. (...) eu não lembro muito o conceito, realmente, envolvido. Eu lembro que eu estudei em Físico-Química 2, eu não lembro... Lembro de uns gráficos. Talvez... Como explicar esse conceito? Como eu explicaria esse conceito eu não sei.

O mesmo foi observado na fala da estudante 11 que, apesar de iniciar uma tentativa de resposta, aparentemente baseada na busca e utilização de conceitos incorporados em sua estrutura cognitiva, desiste e remete à imagem do professor ao ensinar o assunto em questão, conforme pode ser observado no trecho transcrito na página 84.

O uso de princípios e definições acabadas, ou até mesmo o uso acrítico de fórmulas e relações matemáticas, também é interpretado por nós como um simples trabalho com imagens (e não modelos) e, indiscutivelmente, como postura predominantemente empirista, dado que, na maioria das vezes, os estudantes os empregam sem que sequer percebam a sua pouca utilidade na explicação do fenômeno. Sobre isso comenta Bachelard:

“É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato (...) é um empirismo colorido. Não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo” (Bachelard, 2005, p. 37).

Os trechos abaixo foram reapresentados com o intuito de exemplificar a consideração feita acima. Mais trechos que com ela corroboram podem ser analisados nos quadros apresentados anteriormente.

E₉. *Quando você tem o equilíbrio você tem que ter exatamente concentrações no equilíbrio de um lado e do outro. Então se você aumenta de um lado, você tem que conseqüentemente deslocar a produção do produto ou voltar pros reagentes pra que aquilo continue em equilíbrio (...) Então ela sempre vai ter que estar... Vai ter que ter a mesma quantidade de um lado e do outro.*

E₁₀. *Aqui na reação de equilíbrio seria na verdade o princípio de Le Chatelier, né, que aí ele fala que se o sistema está em equilíbrio ele vai tender a permanecer em equilíbrio sempre. Se eu colocar mais reagente, eu vou estar deslocando, eu vou estar afetando esse equilíbrio, o sistema vai sair do equilíbrio quando eu colocar mais reagente, então o sistema vai tender naturalmente a voltar pro equilíbrio.*

Ent. *E porque quando você coloca mais reagente você desloca a reação pra formação dos produtos?*

E₁₁. *Não pensei nisso, mas quando você coloca reagente você tende a formar o produto porque tem a constante, né? Ela tem que ser sempre constante... Então você tem que variar a concentração deles pra tá mantendo a constante constante.*

E₁₆. *Aqui eu usaria a somatória das pressões parciais. Quando você tem a água pura, a pressão de vapor da água pura vai ser igual à pressão total dela, ou seja, a pressão total vai ser aonde a gente tem a temperatura de ebulição. Se a gente tem uma mistura de água você vai ter a somatória das pressões de vapor (...) Então você vai ter uma pressão total maior e conseqüentemente uma temperatura de ebulição mais elevada.*

Os três primeiros trechos exemplificados tratam da discussão de um sistema em equilíbrio, onde é clara a aplicação do princípio de Le Chatelier enquanto ferramenta suficiente para a construção da *explicação* para o fenômeno. Preocupantemente observa-se o uso acrítico desse princípio, muitas vezes assumido como uma lei fundamental da natureza, cuja validade não pode ser questionada (De Heer, 1957; Wheeler e Kass, 1978; Johnstone et al, 1977). A conseqüência do *status* conferido ao princípio é a recorrente ausência de uma reflexão qualitativa prévia quando os estudantes envolvem-se na resolução de problemas que compreendam o conceito de

equilíbrio químico, caracterizando esse processo por um alarmante operativismo mecânico, fato alertado por Quílez Pardo (1993) e também por nós, em pesquisa desenvolvida com graduandos em Farmácia – Bioquímica (Souza e Cardoso, enviado para publicação).

No trecho seguinte, a proposta de explicação para o fenômeno de variação na temperatura de ebulição aparece baseada em relações matemáticas que, inquestionavelmente, estão corretamente fundamentadas por uma lei. Mas essas relações explicam, no contexto da ciência Química, o que está acontecendo? O porquê da ocorrência do referido fenômeno? Mais uma vez recaímos sobre as invisíveis, mas perigosas paredes que parecem limitar as possibilidades de desenvolvimento e aplicação do raciocínio abstrato.

A preocupante influência desses obstáculos representados pelos “pré-conceitos” plantados, muitas vezes indevidamente, por professores, livros didáticos ou qualquer outra situação vivenciada durante a aprendizagem formal ou informal, fica clara na fala da estudante 8, quando esta tenta discorrer sobre um fenômeno sobre o qual alega nunca ter pensado. Julgamos tratar-se de um dos momentos mais bonitos da pesquisa, dado que, sem portos seguros para ancorar seu raciocínio, a estudante inicia uma construção essencialmente baseada em entidades abstratas, manipulando-as e, assim, racionalizando o fenômeno apresentado:

E₈. Então, eu nunca tinha pensado a respeito, assim de como eu explicaria porque que a temperatura aumenta, né. Aí, eu fiquei imaginando, talvez desenhar... Eu fiquei imaginando a solvatação dos íons e a dificuldade por conta da solvatação, a dificuldade das moléculas saírem do estado líquido e passarem para o estado gasoso. Tudo eu fiquei imaginando, porque eu nunca pensei como explicar isso (...)

Se compararmos esse momento com a resposta de outros estudantes, ou até mesmo com as respostas dessa estudante para outras questões, fica a pergunta: quantas oportunidades o ensino nas universidades vem criando para o desenvolvimento das habilidades intelectuais desses estudantes?

As observações acima dão pressupostos e obrigam-nos a iniciar importantes reflexões sobre a “prisão” que o uso de princípios, regras e definições fechadas, enquanto formas de “explicação” de fenômenos químicos, representa para o livre manejo dos construtos teórico-abstratos.

No *hall* de ameaças ao livre devaneio teórico-abstrato, gostaríamos de acrescentar, ainda, as analogias mencionadas anteriormente que, se utilizadas inadequadamente, podem representar uma armadilha e impedimento ao desenvolvimento dessa habilidade, conforme será discutido.

Um exemplo bastante claro pode ser obtido a partir do discurso da estudante 11, que, para todas as questões, tentava organizar a explicação dos fenômenos com a utilização de bolinhas, bexigas e outros materiais, defendendo a importância da oferta de analogias para o melhor entendimento por parte de seus (futuros) alunos. Depreende-se de sua fala, no entanto, a não preocupação com a real explicação do fenômeno, ou ainda, a não percepção de que a analogia, isoladamente, não proporciona o entendimento do conceito científico discutido (ver trecho – página 80)

O uso de analogias, metáforas e imagens na construção do conhecimento científico e no domínio do ensino de ciências é uma prática muito presente e, por que não dizer, inevitável, dado que constituem recursos da linguagem e do pensamento dos quais a razão humana se apropria deliberadamente para articular conhecimentos menos familiares aos mais familiares (Melo, 2005). Andrade e colaboradores (2002), citando Coracini (1991), de fato, afirmam que *“Os conceitos metafóricos estão de tal modo arraigados à nossa cultura que estruturam nossas atividades diárias e científicas de forma imperceptível e inconsciente (...)”* (Andrade et al, 2002, p.2).

A utilização desses recursos lingüísticos passa a ser interessante para o ensino de ciências ao passo que a linguagem metafórica confere a ele estilo menos rígido e mais expressivo, facilitando a transferência de um domínio conceitual para outro (Andrade et al, 2002). Com efeito, muitos trabalhos vêm discutindo possibilidades e metodologias da utilização de analogias na sala de aula (Duit, 1991; Brown, 1994; Del Re, 2000; Coll, France e Taylor, 2005).

Um problema com essa prática estabelece-se, porém, quando o indivíduo que dela faz uso passa a assumi-la como recurso que *automaticamente* explica o fenômeno discutido. Esse constitui, inclusive, um dos obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard, caracterizando-o pelo uso de *“imagens simplistas que se ousa propor como explicativas”* (Bachelard, 2005, p.100).

A insuficiência da simples apresentação de uma imagem ou analogia como provocadoras da construção ou entendimento de um conhecimento científico aparece bem discutida no exemplo e comentários tecidos por Lopes (1996):

“(...) a crítica às imagens em Bachelard se associa à crítica à concepção ocularista de conhecimento, que nos faz encarar a visão como o sentido fundamental do saber (...) Conhecemos com a razão e as imagens devem ser entendidas como modelos de raciocínio, nunca como reflexos do real” (Lopes, 1996, p. 263).

Podemos destacar, então, o perigo caracterizado pela simplificação extrema de um fenômeno, pela decomposição de uma idéia complexa em idéias simples, fato que obscurece a visão abstrata e clara dos problemas reais, prejudicando a formação do espírito científico (Bachelard, 2005).

Deve ficar claro que Bachelard não exclui a possibilidade de utilização de imagens, metáforas e analogias como recursos válidos do pensamento. É preciso, no entanto, cuidar para que a razão não se acomode a elas e esteja sempre pronta a desconstruí-las ou reorganizá-las. Faz-se, então, necessário estabelecer a distinção entre as boas e más analogias:

“As boas permitem que o pensamento, após um breve repouso no concreto, reconstrua a abstração tornando o conceito mais claro; as outras, por oferecerem facilidades em demasia, entorpecem o espírito do aprendiz, que acaba invariavelmente substituindo os objetos cognoscíveis por suas imagens” (Chassot citando Bachelard, 2004, p. 128).

O autor completa com opinião pessoal, da qual partilhamos:

*“O uso de modelos (e não de analogias) é uma exigência pela nossa impossibilidade de interagir com a realidade física do modelado (...) Estou persuadido de que só o convencimento dos alunos e alunas (e também de professores e professoras) com que trabalhamos os modelos da realidade oportuniza-nos falar sobre as **realidades** do modelado” (Chassot, 2004, p. 128 – destaque dado pelo autor)*

A não existência de uma relação direta entre uma analogia e a elaboração de um modelo fica especialmente aparente nas falas dos estudantes 10 e 13, transcritas nas páginas 76 e 77, que, apesar de apropriarem-se de analogias para a teoria de colisões (questão 1 – relação entre pressão e temperatura), evidenciam a dificuldade de extrapolação dessa teoria de um sistema gasoso para um sistema aquoso.

É na “fertilidade” do campo descrito, onde parece não haver espaço, tempo ou interesse na construção de explicações que privilegiem as características do pensamento químico e onde predominam explicações simplistas e reducionistas, que concepções alternativas e inadequadas encontram condições para seu desenvolvimento e multiplicação. Nesse sentido, as concepções inadequadas detectadas durante a análise das transcrições apresentadas entre as páginas 75 e 86 vêm somar-se às observações depreendidas desde a apresentação dos questionários que tratavam do fenômeno de dissolução.

A aproximação do fenômeno de equilíbrio ao mecanismo de funcionamento de uma balança evidenciada nas falas de alguns estudantes, por exemplo, é uma das concepções mais divulgadas e discutidas na literatura (Machado e Aragão, 1996), sendo colocada como uma idéia meramente física, portanto estática, do equilíbrio químico. Essa concepção fica bastante evidente no paralelo estabelecido por um dos estudantes entre o equilíbrio químico e a produção de um bolo (estudante 16, página 82) ou no trecho “(...) *se eu tenho um equilíbrio eu tenho uma balança estabilizada, paradinha com dois pratos*” (estudante 8, página 78). Outras compreensões impróprias também já mencionadas na literatura puderam ser registradas, como a idéia de que as moléculas de água encontram-se totalmente ionizadas (estudante 11, página 84) e a de que o tamanho das partículas varia com um aumento de temperatura (estudante 16, página 78).

Apesar do grande número de trabalhos relativos à discussão da permanência das concepções alternativas enquanto estruturas “robustas” e tipicamente sobreviventes ao ensinamento que as contradiz (Viennot, 1979 in Posner et al, 1982), julgamos importante alertar para fato de que a permanência desses quadros alternativos (Driver e Easley, 1978 in Posner et al, 1982) entre **estudantes universitários**, mais ainda: **futuros professores**, refletem as conseqüências de um ensino que não vem valorizando a construção do pensamento químico e o prazer em elaborar proposições abstratas como principais ferramentas de ampliação do domínio cognitivo, além de ser caracterizado pelo descaso (por parte dos formadores desses futuros professores) pelo conhecimento que esses estudantes trazem ao chegar à

universidade. A indiscutível importância da consideração desse conhecimento prévio aparece destacada na citação de Astolfi (1985) encontrada em (Santos, 1999):

“As representações dos alunos (é necessário falar também das dos professores) não devem ser consideradas como um ‘vazio’ em função do seu afastamento dos objetivos (...) mas como pontos de partida obrigatórios de um caminho do pensamento que conduzirá à sua retificação” (Santos, 1999, p. 90).

É claro que, conforme evidenciaram as discussões sobre as diferentes possibilidades de abordagem para o ensino de Química, os obstáculos ao desenvolvimento do “pensamento químico” não se restringem apenas a dificuldades conceituais ou complicações na construção do raciocínio propriamente dito. Esses obstáculos podem ser também de natureza epistemológica. Dessa forma, a importância atribuída pelos estudantes a esse nível de entendimento dos fenômenos químicos indubitavelmente influenciará suas tendências e escolhas enquanto estudante e, inevitavelmente, enquanto futuro professor.

A proposição de alternativas de respostas às questões apresentadas foi, nesse sentido, de grande importância para nossa melhor compreensão do papel atribuído pelos licenciandos às explicações em nível microscópico.

Mencionamos anteriormente que muito comumente as explicações em nível microscópico eram consideradas as mais compreensíveis e explicativas. Esse julgamento, porém, não aparecia necessariamente vinculado à percepção de sua especial importância, enquanto representante da essência do pensamento químico.

E₃. *Pro aluno eu falaria primeiro da história de que a temperatura aumenta a energia cinética, aumenta colisão na parede do recipiente, por isso que aumenta a pressão. Se eles entenderem esse raciocínio, eles vão entender o aumento de pressão em qualquer outro sistema. (...) aí eu relacionaria com o cotidiano, aí depois eu iria pra matemática. Pra mim como estudante seria o contrário... Primeiro a matemática, depois o fenômeno e depois a comparação com o cotidiano.*

Ent. *E por que a matemática passou a ser mais importante pra você?*

E₃. *Sem a matemática eu só teria na teoria isso, agora a matemática me mostra que é realmente é verdade, se eu aumentar a temperatura eu aumento a pressão.*

Ent. *Pra explicar o fenômeno (referindo-se à questão do equilíbrio químico) você comentou da **c** e da **b**, que você gostou das duas. E a **a**? O que não te agradou na **a**?*

E₁₁. Ah... A **a** (...) é importante também, mas aí depende do nível que você tá, entendeu? Do entendimento deles... Que talvez seja necessário tá usando esse tipo de explicação para os alunos, se eles não estiverem chegando (...) Depende da bagagem que vem, de qual aluno que é. Por exemplo, se você pega um aluno que já tem uma certa deficiência na parte, e precisa de uma explicação também, acho que seria importante começar pela **a**, mas aí a parte **b**, já seria uma parte aprofundada.

E₁₅. E a três...na três, eu acho que eu usaria a **b** pra explicação como professor, mas como estudante de química, a **a**.

Ent. Então você acha que é mais fácil pro aluno entender a **b**. Por que?

E₁₅. Porque ta colocado de um jeito mais (...) cotidiano, mais fácil pra ele entender.

Ent. Solvatação é cotidiano do aluno?

E₁₅. (...) pensando que eles já têm um conteúdo. É, como professor eu vejo que a **b** é mais fácil pra eles entenderem porque foi fácil de eu entender, então eu procurei colocar, entendeu?

Ent. Por que, se essa foi mais fácil pra você entender, você preferiu a **a** como estudante?

E₁₅. Essa daqui (**a**) denota, como estudante, que eu tenho um maior conhecimento do que a **b**. Pra passar a matéria, e preferiria essa (**b**), mas pra colocar numa prova...

A abordagem dos conceitos em nível teórico-conceitual aparece nesses trechos como um último recurso, do qual será feito uso apenas em última necessidade. Recaímos, mais uma vez, sobre a não percepção da essência do conhecimento químico. A fala do estudante 15 deixa claro o papel da universidade na formação dessa postura, especialmente através de seus métodos de avaliação. Parece que questões acerca do entendimento de determinado conceito em nível teórico-conceitual, microscópico, não faz parte do que deve ser avaliado.

De maneira muito interessante, quando discutindo o maior ponto de ebulição de uma solução em relação ao seu solvente, a estudante 3 modifica a lógica que vinha assumindo para as demais questões:

E₃. Bom, pro aluno, **b** (...) Eu nunca estudei essa matéria, mas eu achei que eu explicaria assim primeiro. Como agora tem interação solvente-solvente, solvente-soluto, vai ficar mais difícil pra quebrar essas interações pra ele sair do meio. (...) Depois... Ah, é que o **d** na verdade seria um experimento, né, que a gente poderia fazer (...) tem gente que só acredita vendo, então eu faria esse experimento logo depois de falar do soluto-solvente. Aí, essa aqui (**a**) que eu acho que de repente eu nem falaria, só com essas (**b** e **d**) aqui eu já estaria satisfeita.

Ent. Aí pra você o cálculo viria antes...

E₃. Não, nessa não. A **b** seria a melhor...

A falta de familiaridade da estudante com o referido conceito evidenciada na frase *“Eu nunca estudei essa matéria”* parece desobrigá-la de alguns hábitos e aparentes imposições do meio acadêmico. Situação semelhantemente interessante foi descrita na página 83, quando a estudante 8 tentava propor explicação para o mesmo fenômeno. Mais uma vez a ausência de respostas prontas e definições fechadas parece propiciar condições favoráveis à instauração e desenvolvimento do raciocínio abstrato.

O trecho acima apresentado evidencia, ainda, um outro aspecto que merece ser destacado: a relação estabelecida por alguns estudantes entre a realização de um experimento e a compreensão conceitual do fenômeno. Essa consideração retoma a discussão da supervalorização do cotidiano aventada anteriormente. Assim, quando a estudante afirma *“tem gente que só acredita vendo, então eu faria esse experimento logo depois de falar do soluto-solvente”*, está implícita a idéia de que a simples observação do experimento leva à construção de um conceito abstrato, um modelo. Essa idéia também está presente na fala do estudante 13, descrita na página 85.

Em direção a uma postura mais próxima da por nós considerada como a de um estudante mais crítico e reflexivo, alguns licenciandos pareceram dar-se conta da insuficiência da simples aplicação de algumas regras, relações matemáticas e princípios na proposição de explicações para os fenômenos naturais no momento em que a eles foram apresentadas alternativas às “explicações” geralmente oferecidas em livros texto ou situações de sala de aula.

E₅. *Na questão (...) Tem o fenômeno **d**, e essa eu acho interessante porque já vem com uma equação de bandeja. Mas isso eu acho que talvez nem precisaria ter (...) Aí depois vem a **c**, que vem aquela história de um conhecimento científico. Tanto a **c** quanto a **a**. Só que aqui (...) eu acho que são duas explicações mais ou menos equivalentes, que eu acho que uma delas poderia ser excluída.*

Ent. *Qual poderia ser excluída?*

E₅. *Eu acho que a **c** (...) eu acho que a **c** é mais importante, mas eu acho que a **a** explica melhor. Então eu acho que a **c** poderia ser excluída.*

E₁₀. *(...) aqui ta fazendo uma explicação mais microscópica (referindo-se à alternativa **b**) e eu só falei do fenômeno, eu não falei muito o por quê. Porque a **a** ta falando de pressão de vapor, aí às vezes não tem esse conceito, né, você precisava desse conceito pra entender essa explicação. Acho que a **b** dá pra entender melhor.*

Situação semelhante foi observada para o estudante 16, cujas opções voltaram-se integralmente à seleção das alternativas associadas a explicações em nível microscópico. Infelizmente, a transcrição de sua fala não foi possível devido a problemas ocorridos com a gravação.

Estabelecendo rápida conexão entre as duas atividades, abaixo foram apresentados alguns quadros contendo as falas de três estudantes referentes às duas atividades. Uma rápida análise de seu conteúdo evidencia importantes contradições. Assim, em algumas situações, estudantes que declaradamente desconsideraram o papel da abstração enquanto requisito importante para o processo de ensino-aprendizagem de Química na primeira atividade, viam nas alternativas contendo descrições dos fenômenos químicos em nível microscópico (apresentadas na segunda atividade), uma melhor forma de compreensão e, até mesmo, a “real *explicação*” para o fenômeno trabalhado. Sobre essa primeira observação, parecem surgir indicações de um possível papel pedagógico exercido pelas atividades propostas aos licenciandos, hipótese à qual será dado maior destaque no capítulo que segue.

Em outras situações, ainda, estudantes que na primeira atividade atribuíam elevado grau de importância à discussão da natureza da Química pareceram não trabalhar bem com o nível teórico-conceitual diante de situações-problema.

As observadas incoerências e contradições conferem certa urgência ao estabelecimento de discussões e reflexões mais densas e aprofundadas acerca da formação desses futuros profissionais e da contribuição que a universidade vem dando, para o bem ou para o mal, a essa formação.

Estudante 5 (para esse estudante as respostas foram apresentadas somente na forma de alternativas)

E₅. Não que eu julgue que ela tem alguma importância, assim... Porque tem muitas questões mais (inaudível). Eu acho que não precisava ser abordada. Dependendo da situação, principalmente quando você é professor, tem muito pouco tempo, eu acho que tem coisas que você não precisa abordar. Mas, em grau de importância ela vem depois, né... Porque aqui acho que fala um pouco de cotidiano (referindo-se ao parágrafo 2).	E₅. Então aqui eu comecei falando do que eles têm no cotidiano, né, depois vem pra b, que é uma explicação científica, mas não abordando equações ainda, e por último a a que tem a equação que eu acho super importante também. Essa primeira atividade aqui eu acho que ela é, assim, ideal, uma explicação do fenômeno, uma explicação mais científica e depois a matemática. Ent. Por que você acha que a b é mais científica que a a? E₅. Não científica, é uma explicação que você usa a ciência, mas você não usa cálculos. Eu acho que é bem mais fácil do aluno entender do que o cálculo matemático. O aluno ou eu no caso, né.	E₅. Na questão dois é a mesma... Tem o fenômeno d, e essa eu acho interessante porque já vem com uma equação de bandeja. Mas isso eu acho que talvez nem precisaria ter (...). Mas aí como ele relaciona o fenômeno com o cotidiano eu achei mais importante. Aí depois vem a c, que vem aquela história de um conhecimento científico. Tanto a c quanto a a. Só que aqui é aquela história que eu te falei, que eu acho que são duas explicações mais ou menos equivalentes, que eu acho que uma delas poderia ser excluída. Ent. Qual poderia ser excluída? E₅. Eu acho que a c. Entre a c e a a, eu acho que <u>a c é mais importante, mas eu acho que a a explica melhor.</u> Então eu acho que a c poderia ser excluída. E aí depois por último a b, que tem a parte de cálculo, que é uma alternativa bem interessante porque ela usa o cálculo, mas ao mesmo tempo usa o cálculo pra você entender. Mas mesmo assim eu acho que ela poderia vir por último.	E₅. Na três é d, que é o fenômeno, tal, que é o que a gente tem em casa, né que a gente pode ilustrar, no caso tá levando a panela. Isso é uma ilustração. Depois a b, que tem uma explicação científica, tanto a b quanto a a. Eu acho até mais fácil de entender (a b) do que a a, e ela é mais importante também. Então a a eu acho que também poderia ser excluída. E a c por último, que vem a parte da expressão mesmo, do cálculo.
---	---	---	--

Estudante 6 (para esse estudante as respostas foram apresentadas somente na forma de alternativas)

E₆ (...) a três eu não... Eu não vi assim tanta... Eu gostei da primeira parte da frase, que fala de uma forma de ver e pensar sobre o mundo, mas aí quando ele fala de uma simbologia característica, eu acho que é simplesmente como a matemática, né. Ela tem uma simbologia característica, a química também tem. Isso é importante. Mas eu acho que não é tão importante quanto o uso da química... (...) Aí mostrar a simbologia da química eu já acho importante na hora que você ta ensinando. Porque é uma forma de você apresentar a química também, né, você mostrar como é que um cientista pensa, como ele vê o mundo de uma forma diferente. Eu acho que é mais uma apresentação também, né, da química, mostrar que ela tem uma parte abstrata, que não é só cálculo...	E₆ Em todas eu pensei quase a mesma coisa na hora de... Quanto a estudante, por exemplo aqui essa parte dos gases. Eu tentei escolher primeiro entendendo microscopicamente, sabe? O efeito, a causa, e depois aonde isso é usado e tentar calcular de uma forma matemática. Então, por exemplo, aqui eu coloquei a b primeiro que mostra microscopicamente o que acontece, o efeito, o porque, a causa disso, né, o efeito dele na vida macroscópica (referindo-se à alternativa c), né, então seria a causa, o efeito e depois o cálculo matemático, né? (...) Pros alunos eu já pensei de uma forma diferente. Como eu falei na outra parte, primeiro você tem que mostrar que aquilo... ele vai usar na vida dele, que ele observa. Depois você explica porque isso ocorre e comprova com os cálculos.	E₆ Então, pra mim, o que eu acho? A mesma coisa. Eu entrei primeiro na explicação microscópica, depois eu vim pra princípio de Le Chatelier... que é mais ou menos uma forma de explicar também, microscopicamente, porque isso acontece, o que é um equilíbrio, né...depois eu pensei na aplicação e o cálculo das constantes, que é importante também, mas eu acho que a ordem deles...e pros alunos a mesma coisa, eu acho que... ah, tá, é que aqui nesse caso, ele colocou uma equação pra explicar o fenômeno de equilíbrio. Então eu acho que antes de você colocar uma equação dessa você tem que dar um fundamento, por isso que eu pensei em primeiro falar do Le Chatelier, o que é um equilíbrio, explicar o que é aquilo, e depois mostrar que...mostrar a equação, que aqui sim ocorre um deslocamento, e aí eu uso isso no dia-a-dia e explico microscopicamente o que acontece.	E₆ Eu acho que pra mim enquanto aluno, eu acho que a mesma coisa, primeiro a causa, né (alternativa b). Nesse caso da propriedade coligativa, né. Qual é a causa, porque ocorre a ebulição numa temperatura maior... Depois o efeito, que aqui ele mostra que a pressão de vapor é maior (alternativa a)... Mas isso decorre da parte microscópica. Depois o que é observado (d), que se você coloca sal e água...e depois os cálculos pra comprovar isso, né. Ent. E pro aluno? E₆ Ai, eu nem coloquei, né. Aí eu explicaria do churrasco... Eu colocaria o que ele observou, aí depois vem o a, o b e depois o c.
---	---	--	---

Estudante 12

E₁₂: (...) Aí eu coloquei a três como importante, uma das mais importantes, por conta da linguagem e da simbologia que o aluno tem que saber, tem que ter com ele que quando ele vê alguns símbolos, algumas fórmulas, associar com a Química. Mas na minha opinião o mais importante seria o número 1 (...) Ent. Então pra você é mais importante que o aluno tenha consciência que a Química está presente nas coisas dele, que faz parte do mundo dele, do que ele conheça o conceito em si? E₁₂: Sim, eu acho que sim. É mais importante. (...) E₁₂: E a três eu coloquei como a mais importante, que é a forma de ver e pensar sobre o mundo criada e constantemente modificada pelos cientistas. Eu coloquei principalmente (...). porque realmente, a gente precisa	E₁₂: (...) eu lembrei, quando eu li, de fazer a relação de temperatura e pressão pra explicar esse primeiro conceito, falar sobre lei dos gases, de repente aplicar fórmula, né, e mostrar a relação que tem T, P e V. E assim, e usar algumas, não sei, não lembro de alguma atividade assim diferenciada que tenha pra explicar esse conceito, mas deve ter, né, alguma coisa. Mas de repente, sei lá, começar com a lei, né, e tentar mostrar a relação e depois talvez bolar um experimento ou uma atividade ali que o aluno possa visualizar o conceito.	E₁₂: Aqui eu pensei mais na teoria, mesmo, de equilíbrio, de ensinar pro aluno. E também, fazer uma atividade (...) Tem até uns joguinhos pra ensinar equilíbrio químico, né, então eu acho que seria uma maneira. Mas primeiro ensinar o conceito, né, eu acho que...de repente com as fórmulas, mesmo, com a teoria em si e depois, é... fazer uma atividade com os alunos pra que eles vivenciem o conceito. Ent. Mas se você fosse explicar o fenômeno agora. Que explicação você daria? E₁₂: Olha, o que me lembra assim, é, a questão do equilíbrio, é quando você aumenta a quantidade de reagentes, automaticamente, automaticamente assim, né, tendendo ao equilíbrio, vão se formar mais produtos. Mas aí eu precisaria elaborar mais, dar mais uma lida.	E₁₂: (...) eu não lembro muito o conceito, realmente, envolvido. Eu lembro que eu estudei em Físico-Química 2, eu não lembro, lembro de uns gráficos. Talvez... como explicar esse conceito? Como eu explicaria esse conceito eu não sei.
--	--	---	--

pra entender os conceitos, da linguagem, tem uma linguagem própria em Química, tem uma simbologia característica e também precisa de uma abstração porque senão a gente não consegue eu acho que nem fazer o curso, se você não tem essa abstração você não consegue entender muitos fenômenos.	E₁₂. Então, eu usaria, no caso, a lei dos gases pra começar o conceito, sem deixar de falar também do princípio da lei de Charles e a parte do cotidiano, que eu acho que é uma coisa que eu não tinha pensado (...) Ent. Você acha que ela (alternativa d) está explicando o fenômeno? E₁₂. Não, não tá explicando, mas tá exemplificando. Ent. Qual você acha que explica melhor o fenômeno? E₁₂. Que explica? Eu usaria a lei geral dos gases, a a. Ent. Você acha que é mais fácil de entender? E₁₂. Eu acho que sim (...) Pelo menos aparentemente, né, pra pelo menos ter uma noção, uma introdução do conceito (...) seria na verdade eu acho que uma complementação uma da outra. Acho que essa seria a inicial, assim, com o complemento da b, depois a c só pra exemplificar, realmente, porque ela não explica o conceito, mas ela exemplifica com uma coisa que é do cotidiano, que aliás, é uma coisa que a gente não tem, né, quando tá na graduação. A ligação do cotidiano com o conceito químico. Aí você vai dar aula e o aluno quer saber muito sobre o cotidiano, e você não sabe, né.	E₁₂. Eu acho que eu começaria com a c, princípio de Le Chatelier pra explicar o conceito, depois falaria da a, sobre a questão do número de colisões, a b, a fórmula, né, porque a gente poderia tratar de fórmulas, mas enfocando mais a teoria, e aqui uma expressão matemática, né, que poderia tá ajudando na elaboração desse conceito. E a d que eu acho que ficou como uma parte do cotidiano também pra exemplificar, ela não explica, mas ela é um exemplo claro, né.	E₁₂. O que mais me lembra desse assunto é essa questão das propriedades coligativas (referindo-se à a), né. Então acho que começaria com ela também, e essa interação soluto-solvente, solvente-solvente também. Agora essa questão da fórmula eu deixaria como uma coisa bem mais... Seria mais um aprofundamento da teoria, mesmo. Ela é bem específica.
--	---	---	--

Capítulo 5

O ensino universitário de Química em descompasso: reflexões e considerações finais

“Raramente vocês me compreenderam /
Raramente também eu os compreendi / Só
quando estávamos na lama / Logo nos
compreendíamos”

(Bachelard, 2005)

Os dados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa e por nós interpretados no decorrer desse trabalho “pintam” um quadro no qual futuros professores de Química têm sua capacidade de proposição de explicações e de elaboração de previsões acerca de fenômenos pertencentes ao campo de estudo dessa ciência limitadas pelos muros impostos por dificuldades que transitam especialmente entre os campos conceitual e epistemológico, caracterizando o que vimos definindo como uma *dificuldade na construção do pensamento químico*.

A ausência de reflexões e discussões sobre a epistemologia da ciência nos cursos de formação inicial constitui tema tratado por diferentes autores, conforme mencionamos anteriormente. Apesar de sua inegável importância, essa ausência geralmente é atribuída não só à resistência oferecida às propostas de modificação dos currículos, mas também à oposição dos próprios estudantes. Maldaner (2000) associa essa recusa ao fato de que *“as pessoas chamadas para promover o debate epistemológico nos cursos de formação, na maior parte das vezes, não conseguem sustentar as discussões no campo científico em que são propostas”*.

Sobre essa hipótese, gostaríamos de tecer algumas considerações. Seria esse debate tarefa exclusiva de uma ou outra disciplina ministrada por um ou poucos docentes? Ou trata-se de um processo construtivo, que deveria ser desenvolvido ao longo de todo o período formativo? Se tomarmos a segunda situação como a mais desejada, torna-se quase inconcebível assumir que os docentes responsáveis por um curso locado dentro de um instituto que possui forte pesquisa em Química (como o Instituto de Química de Araraquara) não consigam *“sustentar as discussões no campo científico em que são propostas”*. Justificar a

resistência dos estudantes por esse argumento seria desobrigar o corpo docente que responde pelas disciplinas conhecidas como “não pedagógicas” de sua parcela de responsabilidade. Seria corroborar com a (infelizmente) difundida idéia de que a eles compete “dar o melhor conteúdo de Química” ou, mais comumente, “dar toda a matéria”.

Outro ponto para reflexão é o seguinte: pode a resistência dos estudantes ser realmente colocada como uma das causas para a referida (e observada) negligência das discussões em nível epistemológico? Ou ainda: essa resistência *de fato* existe?

De qualquer forma, o fato a ser encarado é que a situação está instalada e o resultado são as concepções distorcidas de ciência e construção do conhecimento científico mencionadas no decorrer dessa pesquisa, além da dificuldade de sustentação (e, em alguns casos, até de compreensão) de discussões dessa natureza. Intriga a dúvida: os estudantes sabem, de fato, **o que** estudam? E aqui não nos referimos aos conteúdos, que muitas vezes podem ser reproduzidos (e foram) em inúmeros momentos avaliativos ainda que de forma desprovida de real entendimento. Referimo-nos, sim, à consciência desses estudantes acerca da forma de trabalho e objetos de estudos da ciência a que dedicaram, dedicam e, muito provavelmente, dedicarão seus estudos. Eles sabem **o que é Química**? As indicações dessa pesquisa sugerem que não.

Gravemente, parecem pertinentes as colocações de Carvalho e Gil-Pérez (1993) quando afirmam que “(...) *nós, professores de ciências, não só carecemos de uma formação mais adequada, mas não somos sequer conscientes de nossas próprias deficiências*” (p. 14).

Além do obstáculo imposto pelas visões epistemológicas evidenciado, principalmente, na primeira atividade, mas também muito presente quando os estudantes eram expostos às situações-problema, outros obstáculos parecem contribuir para a dificuldade de proposição das explicações em nível microscópico, como a persistência de concepções alternativas e uso inadequado de conceitos, a má utilização de modelos e analogias, e outros problemas destacados ao longo do texto.

Apesar de sua permanência e recorrente constatação, as discussões acima estão amplamente divulgadas na literatura.

A contribuição mais valiosa desse trabalho parece estar, nesse contexto, na comparação entre os resultados obtidos no desenrolar das atividades 1 e 2 da

segunda fase do trabalho, as quais revelam interessante contradição, que pode mesmo ser encarada com uma ponta de esperança: ainda que em muitos casos mascarada pelo discurso positivista e empirista, a percepção das explicações em nível teórico-conceitual enquanto argumentações mais ricas, compreensíveis, explicativas e até mesmo “científicas” (fazendo uso do atributo conferido pela estudante 5), parece aflorar em meio às condições aparentemente adversas propiciadas pelos cursos de formação. Assim, apesar de não conseguirem, de forma geral, estabelecer discussões aprofundadas acerca da epistemologia da ciência Química, a maioria dos estudantes busca nas proposições em nível teórico-conceitual as bases para a melhor fundamentação (ou mesmo entendimento) dos fenômenos discutidos.

Nesse ponto as atividades apresentadas aos estudantes, que num primeiro momento foram propostas unicamente como instrumentos de investigação, parecem, ao final do trabalho, ter assumido importante papel pedagógico, dado que proporcionaram espaços para reflexão e autoquestionamento por parte dos licenciandos não só no que se refere à sua forma de resolução de problemas e utilização dos conceitos químicos propriamente ditos, mas também de seu entendimento do que é e de como trabalha a ciência química. Assim, para alguns estudantes, as atividades serviram como “agente impulsor” da prática da abstração, além de promoverem o reconhecimento de que o trabalho com modelos pode tornar os fenômenos mais facilmente explicáveis. Colocando a discussão em termos epistemológicos, os estudantes parecem estar, então (e agora tomamos por empréstimo o significado atribuído por Kuhn, 2003), abertos a uma possível mudança de paradigma para a qual os cursos responsáveis pela formação desses estudantes parecem não estar movendo esforços para corresponder. Retomamos, nesse ponto, a questão: os estudantes resistem às discussões acerca da natureza da ciência ou, ainda que intuitivamente, ou melhor, inconscientemente, pedem por essa complementação em sua formação?

Parece extremamente importante que atividades que tenham por objetivo levar os estudantes ao conhecimento de suas estratégias de raciocínio, estimulando processos metacognitivos, e que gerem maior compreensão acerca dos processos de construção e natureza do conhecimento científico (abrindo espaço, por exemplo, para discussões acerca das aplicações e limitações do uso de leis e princípios), sejam pensadas e propostas no âmbito dos cursos de formação inicial. Cabe

destacar que essa necessidade não se faz presente apenas nos cursos destinados à formação de professores, dado que as constatações dessa pesquisa muito provavelmente seriam igualmente observadas em cursos destinados à formação de bacharéis, possivelmente potencializadas pelo caráter (indevidamente) técnico e quantitativo desses cursos. Sobre isso, reflete Marques (2003):

“Nos bacharelados não se trata de formar um profissional fechado no casulo de um saber exclusivo e auto-suficiente; mas de formar, no profissional, o homem da competência comunicativa, que construa seu saber no diálogo fecundo e provocador e no serviço à sociedade ampla e plural, no mundo da vida compartilhado entre iguais” (Marques, 2003, p. 173).

O mesmo autor ainda afirma que:

“É falsa (...) a distinção entre cursos de graduação que preparem para a pesquisa e os que se destinem ao exercício autônomo de uma profissão. Em ambos os casos, não se trata da mera transmissão de saberes nem da mera aplicação de procedimentos metódicos, mas da construção do conhecimento na forma universitária de fazê-lo, em que se articulam o ensino, a pesquisa e a atuação integrada da universidade com as comunidades e agências sociais de seu contexto de ação” (Marques, 2003, p. 172).

Torna-se inconcebível, portanto, o argumento de que as discussões pertencentes ao campo epistemológico, que objetivem o conhecimento e domínio da natureza e forma de trabalho da ciência sejam atributos dispensáveis à formação dos profissionais que prestarão serviços em sua área de competência. A adoção dessa postura significaria atribuir papel de meros executores a esses profissionais, indo contra aos ideais de uma formação emancipatória e libertadora. É inquestionável, porém, que essas constatações tornam-se mais graves quando presentes em cursos destinados a formação de professores. Nesse sentido, Campanário e Otero alertam para o recorrente mau uso que as Universidades fazem de suas atribuições e poder:

“A Universidade, por seu efeito multiplicador, deve assumir uma cota significativa de responsabilidade na difusão e manutenção dessas concepções inadequadas fortemente arraigadas sobre a aprendizagem. O ensino tradicional, baseado na rotineira tomada de notas e na recepção passiva dos conhecimentos tão presente na maioria das salas de aula universitárias tem como consequência indesejável a transmissão aos alunos de toda uma ideologia implícita sobre o conhecimento científico e a aprendizagem. Esses alunos, que serão professores no futuro, reproduzem os métodos docentes aos quais foram submetidos” (Campanario e Otero, 2000).

Dialogando com o trecho acima apresentado, a universidade e seus instrumentos, caracterizados principalmente nas figuras do professor e seus métodos avaliativos, atuando de forma quase exclusivamente vertical, acabam por determinar a atuação dos profissionais por ela formados, segundo um esquema de perpetuação e reprodução acrítica de seus “ensinamentos”. Essas relações de poder aparecem muito bem representadas na obra de Bourdieu:

“Soerguido e fechado no espaço que o consagra como orador, separado do auditório (...) o professor, distante e intangível, cercado de ‘afirma-se que’ vagos e assustadores, está condenado ao monólogo teatral e à exibição de virtuosismo por uma necessidade bem mais coercitiva que a mais imperiosa regulamentação (...) O professor pode convocar a participação ou a objeção dos estudantes sem jamais correr o risco de que elas realmente se instaurem: as interrogações ao auditório são freqüentemente apenas interrogações oratórias, destinadas antes de tudo a exprimir a parte que os fiéis tomam no ofício, as réplicas, freqüentemente, não são mais do que responsórios” (Bourdieu, p. 122).

A postura de não reflexão imposta aos estudantes (e por eles acatada sem questionamento) é recorrente e insistentemente afirmada a cada nova etapa do processo avaliativo a que esses são submetidos. Assim, as provas não passam de momentos em que tudo aquilo que foi “engolido” como correto e irrefutável deve ser reproduzido de acordo com a maior proximidade possível do que foi exposto em sala de aula ou do que se encontra apresentado no livro. Ilustra muito bem essa proposição a fala do estudante 15, transcrita na página 86.

Rumo à finalização desse texto, mas nunca das reflexões, fazemos mais uma citação de Bourdieu (2004), no intuito de esclarecer a idéia de descompasso apresentada no início do capítulo, e no título do trabalho, uma vez que revela a contradição do que *deveria ser* o ensino universitário e o que ele, hoje, é:

“É provavelmente por um efeito de inércia cultural que continuamos tomando o sistema escolar como um fator de mobilidade social, segundo a ideologia da ‘escola libertadora’, quando, ao contrário, tudo tende a mostrar que ele é um dos fatores mais eficazes de conservação social (...)” (Bourdieu, 2004, p. 41).

Frente às observações e reflexões destacadas e desenvolvidas ao longo do trabalho, com muito pesar defendemos que a universidade em muitos pontos vem assemelhando-se cada vez mais a um grande *shopping center*. Suas bonitas vitrines são visitadas poucas (ou únicas) vezes por seus estudantes e o passeio, sempre

muito bem monitorado, possui regras rígidas e ordem pré-estabelecida. Ao final do *tour*, quase que imperceptivelmente, a esses estudantes é incumbida a tarefa de vender aqueles produtos. Com uma imensa “mala” de atributos técnicos, mas com imensa lacuna em seu arcabouço intelectual, o aluno sai da universidade com a forte sensação de falta e com a intuição de que deveria buscar o conhecimento daquilo que não entendeu. Infelizmente a ele não foi indicado como superar o problema.

Referências

- ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogías e metáforas no ensino de ciencias à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 1-10, 2002.
- ATKINS, P. Chemistry: the great ideas. **Pure and Applied Chemistry**, v. 71, n. 6, p. 927-929, 1999.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. In: CIVITA, V. (Ed.). **Os Pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. v. 65. p. 1-87.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. 314 p.
- BANERJEE, A. C. Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. **International Journal of Science Education**, v. 13, n. 4, p. 487-497, 1991.
- BENARROCH, B. A. El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 2, p. 235-246, 2000.
- BERGQUIST, W.; HEIKKINEN, H. Student ideas regarding chemical equilibrium. **Journal of Chemical Education**, v. 67, p. 1000-1003, 1990.
- BOURDIEU, P.; PASSERON, J.C. **A reprodução**. 2. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982. 238 p.
- BOURDIEU, P. **Escritos de educação**. 6. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2004.
- BORGES, R. M. R. **Em debate**: cientificidade e educação em ciências. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio. Brasília: [s.n.], 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de química**. Brasília: [s.n.], 2001.
- BROWN, D. E. Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models. **International Journal of Science Education**, v. 16, n. 2, p. 201-214, 1994.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974. 239 p.

CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 2, p. 155-169, 2000.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R.; MARTORANO, S. A. A. Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos ao conceito de solução e ao processo de dissolução. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. extra, p. 1-8, 2005.

CARVALHO, A. M. P; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. São Paulo: Cortez, 1993. 120 p. (Coleção Questões de Nossa Época, v. 26)

CHAGAS, A. P. **Como se faz química**: uma reflexão sobre a química e a atividade do químico. 3. ed. Campinas: Unicamp, 2006. 110 p.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1995. 225 p.

CHASSOT, A. **Para que(m) é útil o ensino?** 2. ed. Canoas: ULBRA, 2004. 161 p.

COLL, R. K.; FRANCE, B.; TAYLOR, I. The role of models and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 2, p. 183-198, 2005.

DE HEER, J. The principle of Le Chatelier and Braun. **Journal of Chemical Education**, n. 34, p. 375-380, 1957.

DEL RE, G. Models and analogies in science. **Hyle**, v. 6, n.1, 2000. Disponível em: <<http://www.hyle.org/journal/issues/6/delre.htm>>. Acesso em: 1 dez. 2005.

DEL PINO, J. C.; SILVA, S. M. S.; EICHLER, M. L. As percepções dos professores de química geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 585-594, 2003.

DEMO, P. Pesquisa qualitativa: busca e equilíbrio entre forma e conteúdo. **Revista Latino Americana de Enfermagem**, v. 6, n. 2, p. 89-104, 1998.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.

DUARTE, J.F. Jr. **O que é realidade?** 6. ed. São Paulo: Brasiliense, 1989. 103 p.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, n. 75, p. 649-672, 1991.

ECHEVERRÍA, A. R. **Dimensão empírico - teórica no processo de ensino – aprendizagem do conceito de soluções no ensino médio**. 1993. 185 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1993.

FAUSTINO, R. C.; GASPARIN, J. L. A influência do positivismo e do historicismo na educação e no ensino de História. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 1, p. 157-166, 2001.

FURIÓ, C.; FURIÓ, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. **Educación Química**, v. 11, n. 3, p. 300-308, 2000.

FURIÓ, C.; ORTIZ, E. Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. **Enseñanza de las Ciencias**, p. 15-20, 1983.

GABEL, D. L.; SAMUEL, K. V. Understanding the particulate nature of matter. **Journal of Chemical Education**, v. 64, n. 8, p. 695-697, 1987.

GALLEGOS, J. A. Reflexiones sobre la Ciencia y la epistemología científica. **Enseñanza de las Ciências**, v. 17, n. 2, p. 321-326, 1996.

GILBERT, J. K. **Chemical education towards research-based practice**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GROSSLIGHT, L.; UNGER, C.; JAY, E. Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, n. 9, p. 799-822, 1991.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Secondary students mental models of atoms and molecules: implications for teaching science. **Science Education**, v. 80, p. 509-534, 1996.

HENRIQUES, S. B. A ciência e a filosofia. **Ciência e Cultura**, v. 33, n. 2, p. 198-212, 1981.

ISLAS, S. M.; PESA, M. A. Futuros docentes y futuros investigadores se expresan sobre el modelado em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-47442001000300010&lng=es&nrm=iso&tlng=es>. Acesso em: 10 dez. 2005.

JAPIASSÚ, H. **Para ler Bachelard**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1976. 180 p.

JOHNSTONE, A. H. et al. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. **Education in Chemistry**, n. 14, p. 169-171, 1977.

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

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1. p. 9-15, 2000.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: the case of chemical kinetics. **Science and Education**, v. 8, p. 287-307, 1999.

KOSIK, K. **Dialética do concreto**. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 17 maio 2005.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**.. São Paulo: Perspectiva, 2003. 264 p. (Coleção Debates, v. 115)
LASZLO, P. **A palavra das coisas ou a linguagem da química**. Lisboa: Gradiva, 1995. 283 p.

LODI, J. B. **A entrevista: teoria e prática**. 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1991. 176 p.

LOPES, A. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. Caderno. **Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

LUIJPEN, W. **Introdução à fenomenologia existencial**. São Paulo: EPU, 1973.

LYTHCOTT, J. Problem solving and requisite knowledge of chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 67, n. 3, p. 249-252, 1990.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, n. 4, p. 18-20, 1996.

MALDANER, O. A. Concepções epistemológicas no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. **Ensino de ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: Vieira, 2000. 182 p.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química**. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2003. 419 p.

MALDANER, O. A.; PIEDADE, M. C. T. Repensando a química. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 15-19, 1995.

MASKILL, R.; CACHAPUZ, A. F. C. Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 1, p. 57-69, 1989.

MATTHEWS, M. R. Vino viejo em botellas nuevas: un problema com la epistemologia constructivista. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 79-88, 1994.

MELO, A. C. S. **Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica**. 2005. 199 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

MONCALEANO, H.; FURIÓ, C.; HERNÁNDEZ, J.; CALATAYUD, M. L. Comprensión del equilibrio químico y dificultades em su aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, p. 111-118, 2003.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 17 maio 2005.

MORETTO, V. P. **Construtivismo: a produção do conhecimento em aula**. 4. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2003. 124 p.

MORIS, N. M.; ROUSE, W. B. On looking into the black box: prospects and limits in the search for mental models. **Psychological Bulletin**, n. 3, p. 349-363, 1986.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.

NAKHLEH, M. B. Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 1, p. 52-55, 1993.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

PEREIRA, O. **O que é teoria**. São Paulo: Brasiliense, 1982. 92 p.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do conhecimento científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PESSANHA, J. A. M. Bachelard: vida e obra. In: CIVITA, V. (Ed.). **Os pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. v. 65, p. VI-XIV.

PORLÁN, A. R. Pasado, presente y futuro de la didáctica de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 1, p. 175-185, 1998.

POSNER, G.J.; STRIKE, H. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

QUÍLEZ PARDO, J.; SOLAZ, J. J.; CASTELLÓ, M.; SANJOSÉ, V. La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: limitaciones del principio de Le Chatelier. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 281-288, 1993.

QUÍLEZ PARDO, J. ; SANJOSÉ, L. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 72-80, 1995.

RAVIOLO, A. Logros e dificuldades de alunos universitários em equilíbrio químico: uso de um test com proposições. **Educación Química**, v. 12, n. 11, p. 879-881, 1995.

SANGER, M. J. Using particulate drawings to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixtures. **Journal of Chemical Education**, v. 77, n. 6, p. 762-766, 2000.

SANTOS, M. E. V. M. Tendências e resultados no interior da linha de investigação sobre concepções alternativas. In: _____ **Mudança conceptual na sala de aula**. Lisboa: Livros Horizonte, 1999, p. 90-127.

SAYÃO, L. F. Modelos teóricos em ciência da informação – abstração e método científico. **Ciência da Informação**, v. 30, n. 1, p. 82-91, 2000. Disponível em: <<http://dici.ibict.br/archive/00000205/01/Ci%5B1%5D.Inf-2004-263.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2006.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002. Suplemento 1.

SMITH, K. J.; METZ, P. A. Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representation. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 3, p. 233-235, 1996.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Estudo sobre modelos mentais: a utilização de desenhos na avaliação da aprendizagem de conceitos científicos. In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA, 2., 2005, Araraquara. Araraquara: [s.n], 2005. p. 23.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Estudo sobre modelos mentais: a utilização de desenhos na avaliação da aprendizagem de conceitos científicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29., 2006, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: [s.n], 2006.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**. No prelo.

TREAGUST, D. F.; MOCERINO, M.; CHITTLEBOROUGH, G. D. Constraints to the development of first year university chemistry students' mental models of chemical phenomena. **Teaching and learning forum**, 2002. Disponível em: <<http://www.ecu.edu.au/conferences/tlf/2002/pub/docs/Chittleborough.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2006.

VÁSQUEZ, T.; ANGELINI, M. C.; GUERRIEN, D.; LANDAU, L. Estrategia didáctica para vincular distintos niveles de conceptualización: estudio de um caso (parte 1). **Educación Química**, v. 12, n. 3, p. 149-157, 2001.

WHEELER, A. E.; KASS, H. Student misconceptions in chemical equilibrium. **Science Education**, v. 62, n. 2, p. 223-232, 1978.

YARROCH, W. L. Student understanding of chemical equation balancing. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 22, n. 5, p. 449-459, 1985.

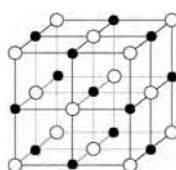
Apêndice I

Questionário apresentado aos estudantes do segundo ano de Farmácia-Bioquímica.

Nome: _____ Idade: _____

ATIVIDADE 1

1. O cloreto de sódio, cuja fórmula é representada por NaCl, é um sal muito solúvel em água. A estrutura cristalina desse composto pode ser representada conforme o esquema abaixo:



Descreva, com suas palavras, o processo de dissolução desse sal em água, sabendo que a solução resultante é fortemente condutora de corrente elétrica. Utilize, pelo menos uma vez, termos relacionados com os conceitos de ligação química e polaridade da ligação.

2. O iodo é um sólido de coloração próxima ao marrom, cuja fórmula química é dada por I_2 . Discorra sobre o processo de dissolução desse sólido em água, sabendo que a solução resultante não conduz corrente elétrica. Utilize, pelo menos uma vez, termos relacionados com os conceitos de ligação química e polaridade da ligação.

3. O ácido clorídrico (HCl), extensivamente utilizado na indústria química e farmacêutica, e essencial no processo de digestão humana, é considerado um ácido forte. Descreva o que acontece quando uma certa quantidade desse ácido é dissolvida em água, sabendo que a solução resultante é fortemente condutora de corrente elétrica. Utilize, pelo menos uma vez, termos relacionados com os conceitos de ligação química e polaridade da ligação.

4. O ácido cianídrico (HCN), um gás tóxico, com forte odor de amêndoas, utilizado durante a segunda guerra mundial pela Alemanha nazista contra os judeus, é caracterizado como um ácido fraco. Explique o que acontece quando uma solução de ácido cianídrico é adicionada a uma recipiente contendo água, sabendo que a solução resultante é fracamente condutora de corrente elétrica. Utilize, pelo menos uma vez, termos relacionados com os conceitos de ligação química e polaridade da ligação.

ATIVIDADE 2

1. Através de um desenho, represente o que acontece na dissolução do cloreto de sódio em água. Represente os íons sódio por $\bullet$, os íons cloreto por $\bigcirc$ e a água por H_2O . Fique a vontade para criar qualquer outro tipo de representação que julgue necessária.

2. Faça o mesmo para a dissolução do iodo sólido em água. Represente as moléculas de iodo por I_2 e a água por H_2O . Fique a vontade para criar qualquer outro tipo de representação que julgue necessária.

3. Faça um desenho ilustrando a formação de uma solução de ácido clorídrico em água. Represente os íons H^+ por $\bullet$, os íons cloreto por $\bigcirc$, a molécula de HCl por $\text{H}-\text{Cl}$ e a água por H_2O . Fique a vontade para criar qualquer outro tipo de representação que julgue necessária.

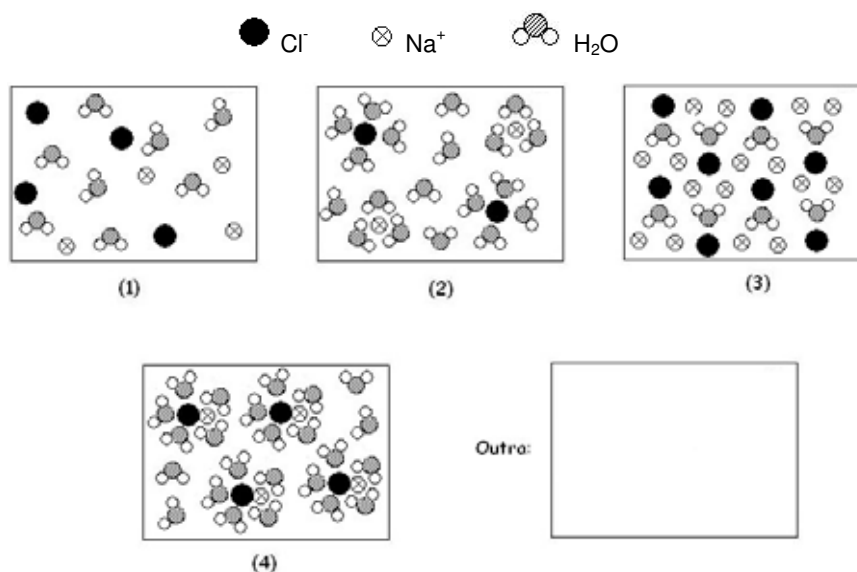
4. Faça o mesmo para representar uma solução de ácido cianídrico. Represente os íons H^+ por $\bullet$, os íons cianeto (CN^-) por $\bigcirc$, a molécula de HCN por $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ e a água por H_2O . Fique a vontade para criar qualquer outro tipo de representação que julgue necessária.

Apêndice II

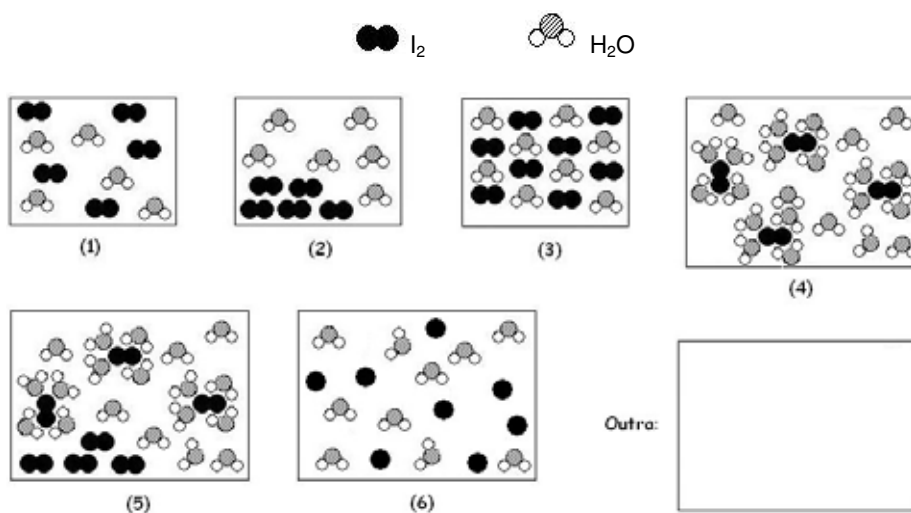
Questionário apresentado aos estudantes do primeiro ano de bacharelado em Química.

Nome: _____

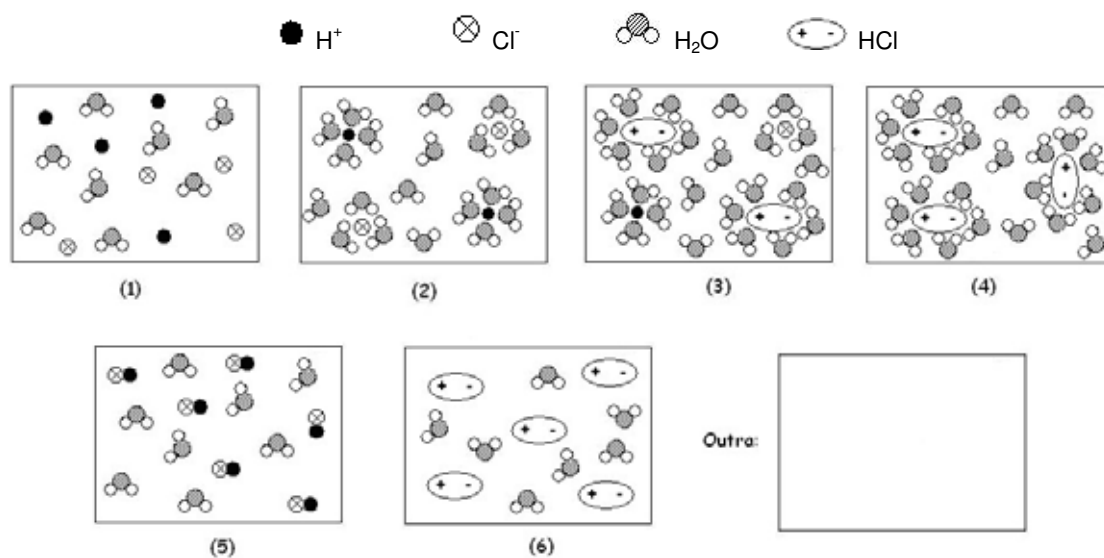
1. Qual dos esquemas abaixo melhor representa uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl)? Justifique sua escolha. Considere seus conhecimentos sobre ligações químicas, formação de soluções e polaridade das ligações.



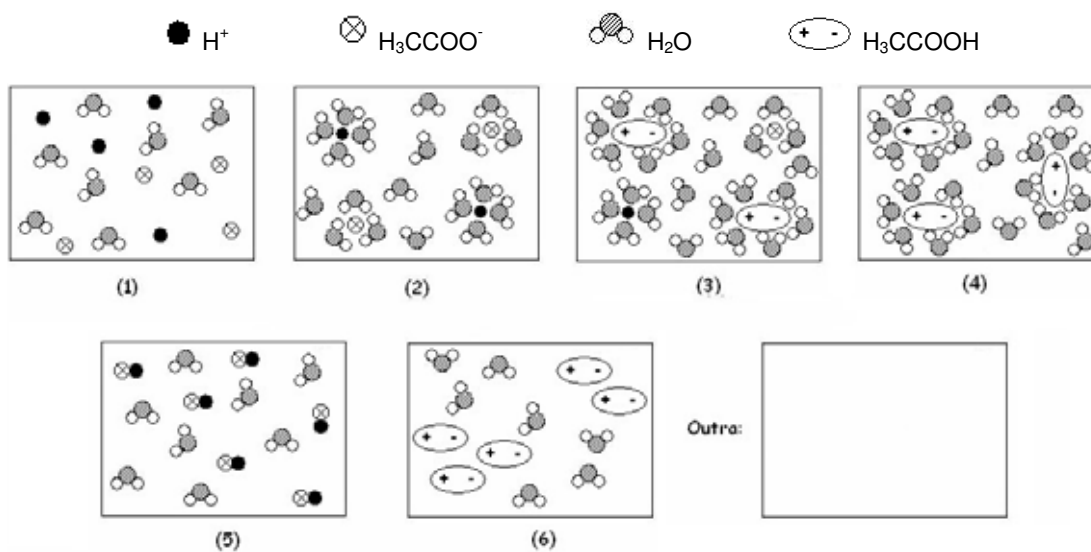
2. Qual dos esquemas abaixo melhor representa uma solução aquosa de iodo (I_2)? Justifique sua escolha. Considere seus conhecimentos sobre ligações químicas, formação de soluções e polaridade das ligações.



3. Qual dos esquemas abaixo melhor representa uma solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), sabendo que se trata de um ácido forte? Justifique sua escolha. Considere seus conhecimentos sobre ligações químicas, formação de soluções e polaridade das ligações.



4. Qual dos esquemas abaixo melhor representa uma solução aquosa de ácido acético (H_3CCOOH), sabendo que se trata de um ácido fraco? Justifique sua escolha. Considere seus conhecimentos sobre ligações químicas, formação de soluções e polaridade das ligações.

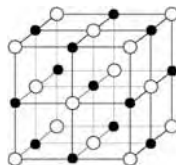


Apêndice III

Versão final do questionário apresentada aos pós-graduandos e licenciandos.

ATIVIDADE 1

1. O cloreto de sódio, cuja fórmula é representada por NaCl, é um sal muito solúvel em água. A estrutura cristalina desse composto pode ser representada conforme o esquema abaixo:



Descreva, com suas palavras, o processo de dissolução desse sal em água, sabendo que a solução resultante é fortemente condutora de corrente elétrica.

2. O iodo é um sólido de coloração próxima ao marrom, cuja fórmula química é dada por I_2 . Discorra sobre o processo de dissolução desse sólido em água, sabendo que a solução resultante não conduz corrente elétrica.

3. O ácido clorídrico (HCl), extensivamente utilizado na indústria química e farmacêutica, e essencial no processo de digestão humana, é considerado um ácido forte. Descreva o que acontece quando certa quantidade desse ácido é dissolvida em água, sabendo que a solução resultante é fortemente condutora de corrente elétrica.

4. O ácido cianídrico (HCN), um gás tóxico, com forte odor de amêndoas, utilizado durante a segunda guerra mundial pela Alemanha nazista contra os judeus, é caracterizado como um ácido fraco. Explique o que acontece quando uma solução de ácido cianídrico é adicionada a uma recipiente contendo água, sabendo que a solução resultante é fracamente condutora de corrente elétrica.

ATIVIDADE 2

1. Se pudéssemos utilizar uma lente de aumento muito potente, como você imagina que veria uma solução de cloreto de sódio em água? Represente através de um desenho.

2. Faça o mesmo para uma solução de iodo em água.

3. Faça o mesmo para uma solução de ácido clorídrico em água.

4. Faça o mesmo para uma solução de ácido cianídrico em água.

Se julgar necessário, utilize a legenda abaixo:



Molécula de água



Cátions



Ânions



Moléculas polares diferentes da água (como os ácidos, por exemplo)



Molécula de iodo

Fique a vontade para criar sua própria legenda.

Apêndice IV

Roteiro de atividades utilizado durante as entrevistas com os licenciandos.

ATIVIDADE 1

Abaixo estão representados alguns aspectos da Química enquanto ciência:

1. Quando vemos expressões do tipo “*esse produto não contém química*”, estamos diante de um equívoco comumente cometido pelos meios de comunicação e pessoas comuns. Isso porque a Química está presente em todos os aspectos de nossa vida, seja quando consumimos ou preparamos alimentos, fazemos uso de materiais como tinta, madeira e plásticos ou quando escovamos os dentes.
2. A contribuição tecnológica da Química foi de grande importância para a humanidade, pois proporcionou a produção de um grande número de fármacos utilizados no tratamento de várias doenças, a substituição dos metais por plásticos, a disponibilidade de diferentes combustíveis, etc. Porém, é importante lembrar que esse avanço também apresenta seu aspecto negativo, representado, principalmente, pelos diversos males ambientais por ele provocados.
3. A Química é uma forma de ver e pensar sobre o mundo, criada e constantemente modificada pelos cientistas. Assim, seus conceitos só podem ser entendidos através do uso de uma linguagem própria e simbologias características, além da importante capacidade de abstração, para que haja o entendimento dos fenômenos em nível microscópico.
4. A Química, quando associada ao conhecimento matemático, permite fazer uma série de previsões e discussões acerca dos fenômenos e reações químicas de interesse. Exemplos são o estudo do equilíbrio químico, dos cálculos estequiométricos e vários outros.
5. A Química não é mais fácil ou mais difícil que as outras áreas da Ciência. Para entendê-la, é importante estar atento às aulas e procurar resolver exercícios que apresentem os conceitos discutidos em aula.

Organize os aspectos apresentados acima em ordem crescente de relevância:

- i) para você, enquanto estudante de Química
- ii) para você, enquanto professor, selecionando os aspectos que julga serem de maior interesse numa situação de ensino

ATIVIDADE 2

Os parágrafos abaixo apresentam situações comumente vividas e observadas por nós, e que possuem explicações químicas.

1. Quando aumentamos a temperatura de um recipiente fechado contendo um gás em seu interior, observamos um aumento da pressão interna no mesmo. Como você explicaria esse fenômeno?
2. Quando temos uma reação em equilíbrio, observamos que o aumento da concentração dos reagentes leva a um favorecimento da reação do sentido de formação dos produtos. Como você explicaria esse fenômeno?
3. Uma solução saturada de água e cloreto de sódio entra em ebulição numa temperatura superior à temperatura de ebulição da água pura. Como você explicaria esse fenômeno?

◇ A mesma atividade foi, posteriormente, apresentada na forma de alternativas:

1. Quando aumentamos a temperatura de um recipiente fechado contendo um gás em seu interior, observamos um aumento da pressão interna no mesmo. Qual (is) das alternativas abaixo você acha que melhor explica o fenômeno:

i) para você, enquanto estudante de Química.

ii) para você, enquanto professor

a) A expressão abaixo deriva da Lei Geral dos Gases:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{Onde: } P_1 \text{ e } P_2 = \text{pressão (inicial / final)}$$

T_1 e T_2 = temperatura (inicial / final)

Essa expressão demonstra que a P e a T são grandezas diretamente proporcionais. Portanto, um aumento da temperatura do sistema acarretará em aumento da pressão.

b) O aumento da temperatura leva a um aumento da energia cinética das partículas do gás, ocasionando um maior número de colisões dessas com as paredes do recipiente, fenômeno que define o conceito de pressão. Assim, um aumento de temperatura ocasiona um aumento de pressão no interior do recipiente. Esse é o princípio da Lei de Charles.

c) O fenômeno acima é o responsável pela advertência encontrada em embalagens de aerossóis: “*não deixe a embalagem exposta ao sol ou a temperaturas elevadas*”. Como o volume no interior da embalagem é constante, o aumento de temperatura pode ocasionar um aumento de pressão suficiente para que ocorra uma explosão.

d) Outra

2. Quando temos uma reação em equilíbrio, observamos que o aumento da concentração dos reagentes leva a um favorecimento da reação do sentido de formação dos produtos. Qual (is)

das alternativas abaixo você acha que melhor explica o fenômeno:

i) para você, enquanto estudante de Química.

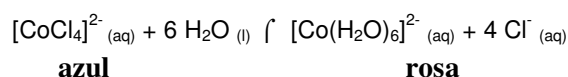
ii) para você, enquanto professor

a) O aumento da concentração dos reagentes implica um aumento do número de colisões entre as partículas constituintes do mesmo, o que favorece formação de produtos. Dessa forma o equilíbrio permanece inalterado, pois há formação de mais produto a partir do consumo do reagente adicionado.

b) Os equilíbrios químicos são governados pelas chamadas constantes de equilíbrio (K), cuja expressão é dada por $K = \frac{[Produtos]}{[Reagentes]}$. Como o único fator capaz de alterar o valor dessa constante é a temperatura, um aumento da concentração de reagentes favorecerá a formação de produtos de maneira a não alterar o equilíbrio.

c) Segundo o princípio de Le Chatellier, quando provocamos uma perturbação sobre um sistema em equilíbrio, este se desloca no sentido que tende a anular essa perturbação, procurando se ajustar a um novo equilíbrio. Assim, o aumento da concentração de uma substância desloca o equilíbrio no sentido de consumo dessa substância, e a diminuição da concentração de uma substância desloca o equilíbrio no sentido de sua formação.

d) Esse fenômeno pode ser observado nos famoso “galinhos do tempo”, que indicam a possibilidade de ocorrência de chuvas. A substância com a qual o galinho é impregnado é o tetracloreto de cobalto, $[\text{CoCl}_4]^{2-}$, um complexo azul. Essa substância estabelece o seguinte equilíbrio em meio aquoso:



Como a água é um dos reagentes, em dias chuvosos, quando a umidade relativa do ar está elevada, o equilíbrio acima é deslocado no sentido de formação de produtos, e a coloração do galinho passa a ser rósea.

e) outra

3. Uma solução saturada de água e cloreto de sódio entra em ebulição numa temperatura superior à temperatura de ebulição da água pura. Qual (is) das alternativas abaixo você acha que melhor explica o fenômeno:

i) para você, enquanto estudante de Química.

ii) para você, enquanto professor

a) O número de partículas de soluto dissolvidas em um solvente atribui à solução formada uma série de propriedades denominadas coligativas. Nesse caso, estamos tratando da ebulioscopia,

propriedade que pode ser explicada da seguinte forma: a pressão de vapor do solvente em uma solução de soluto não-volátil é sempre menor que a pressão de vapor do solvente puro. Logo, a energia necessária para que as moléculas do solvente passem para a fase vapor é maior numa solução.

b) Quando adicionamos um soluto em um solvente, a dissolução ocorre porque as moléculas de solvente possuem a propriedade de solvatar as partículas provenientes do soluto. Assim, a passagem das moléculas de solvente para a fase vapor torna-se dificultada porque, além da necessidade de serem rompidas as interações solvente – solvente, passa a ser necessário o rompimento das interações soluto – solvente.

c) A dependência da temperatura de ebulição de uma solução com a concentração de partículas de soluto na solução este evidenciada na expressão: $\Delta e = K_e \cdot \hat{u}$, onde: Δe é a variação no ponto de ebulição em relação ao solvente puro, K_e é a constante ebulioscópica ou ebuliométrica e $\hat{u}$ é a concentração molal dessa solução.

d) Esse fenômeno pode ser facilmente observado em casa se colocarmos, ao mesmo tempo, duas panelas em aquecimento: uma contendo uma solução de água + cloreto de sódio e outra contendo somente a água. O efeito descrito acima pode ser observado no tempo necessário para que um e outro recipiente entrem em ebulição.

e) Outra