

AGUSTINA ROSA ECHEVERRÍA

**DIMENSÃO EMPÍRICO-TEÓRICA NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DO CONCEITO SOLUÇÕES NO ENSINO MÉDIO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

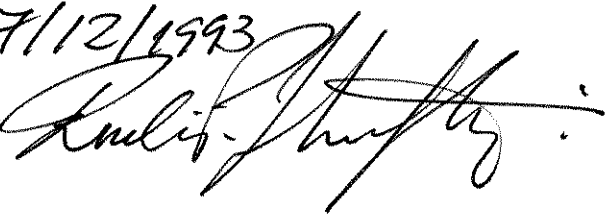
1993

AGUSTINA ROSA ECHEVERRÍA n.º/43/8

Este exemplar corresponde à redação final da Tese defendida por Agustina Rosa Echeverría e aprovada pela comissão julgadora em 17 de dezembro de 1993.

Data: 17/12/1993

Assinatura:



**DIMENSÃO EMPÍRICO-TEÓRICA NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DO CONCEITO SOLUÇÕES NO ENSINO MÉDIO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1993

Tese apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de DOUTOR EM EDUCAÇÃO na Área de Concentração Metodologia de Ensino à Comissão Julgadora da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, sob orientação da Profa. Dra. Roseli Pacheco [Schnetzler.★

Comissão Julgadora:

Amélia P. H. S.
Roberto Ribeiro da Silva
pro Revis.
Adelino
Juliano

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram direta ou indiretamente para que este trabalho veja a luz. Ele representa mais um exemplo de como as idéias se constroem individual e, ao mesmo tempo, coletivamente. Sendo assim, e como sempre acontece, nomear todos aqueles que de uma forma ou de outra deixaram sua "marca" nos meus pensamentos é uma tarefa ingrata, pois nela haverá, certamente, a injustiça de algum esquecimento momentâneo. Ainda assim, quero expressar meus agradecimentos especiais a:

ROSELI PACHECO SCHNETZLER, pela orientação geral dada a este trabalho, pela retomada incansável das valiosas discussões em torno de alguns pontos que se mostravam conflitivos, pela preocupação com o desenvolvimento do trabalho demonstrada ao longo de sua realização, por acreditar no valor das pesquisas em Educação Química;

ANNE MARY STAUNTON, pela revisão cuidadosa de todas as traduções do inglês;

LILAVATE IZAPOVITZ ROMANELLI, pela ajuda sistemática na análise dos dados dos testes 1 e 2, pelo apoio em geral dado ao longo de todo o tempo em que este trabalho foi construído;

MARIA CECÍLIA RAFAEL DE GÓES, pela disponibilidade e interesse, demonstrados a todo momento, em discutir as questões teóricas que mais me preocupavam, pelas idéias esclarecedoras que ajudaram de forma definitiva a que este trabalho de pesquisa se configurasse como tal;

ROSÁLIA MARIA RIBEIRO DE ARAGÃO, pelo exemplo da sua personalidade de quem acredita que vale a pena investirmos nossas vidas na Educação;

ROSÁRIA JUSTI CELANO TORRES, pela ajuda determinante em dois momentos importantes deste trabalho: quando ele estava sendo gerado em minhas idéias e quando essas idéias se materializaram na sua forma atual, pelo trabalho, de valor inestimável, de revisão e impressão do original;

COLEGAS DO GRUPO DE PESQUISA EM ENSINO DA FACULDADE DE EDUCAÇÃO DA UNICAMP, pelas discussões das quais participei semanalmente durante quatro anos e durante as quais surgiram, se modificaram e se configuraram muitas das idéias aqui expostas;

ALUNOS E PROFESSORES que, através das entrevistas, manifestaram suas idéias permitindo, dessa forma, que esta pesquisa se realizasse;

COLEGAS DA ESCOLA TÉCNICA FEDERAL DE GOIÁS, por assegurarem algumas condições de realização deste trabalho.

**À memória de
Victor Echeverría,
meu pai.**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo fundamental investigar a relação das dimensões empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem do conceito químico **soluções**. Partiu-se do pressuposto de que, em se tratando do ensino de Química em geral, e de **soluções** em particular, um tratamento adequado das idéias emergidas da observação empírica e dos raciocínios teóricos poderia contribuir para promover nos alunos a formação do pensamento teórico, cuja responsabilidade recai, fundamentalmente, na Escola.

Os dados desta investigação foram construídos a partir de i) transcrição de entrevistas com professores de escolas públicas da cidade de Campinas-SP; ii) análise de testes aplicados a alunos do primeiro e do segundo anos do ensino médio de uma escola técnica de Química, antes e depois do processo de ensino de **soluções**; iii) análise do processo de ensino-aprendizagem de **soluções**, que constou de três estudos: análise de testes aplicados a alunos do segundo ano do ensino médio antes de serem submetidos ao ensino de **soluções**, análise da observação das aulas do mencionado ensino feita através dos registros de observação e, transcrição e análise de entrevistas realizadas com uma amostra de alunos que estavam passando pelo processo de ensino-aprendizagem de **soluções**. Foi efetuada uma análise de conteúdo tanto dos dados emergidos dos testes quanto das entrevistas.

As análises deste conjunto de dados apontaram a preponderância de uma visão empiricista-utilitária dos professores com respeito ao tema **soluções**, em detrimento dos aspectos teóricos do mesmo. Esta visão, por sua vez, se refletiu nos dados de aprendizagem, que mostraram a dificuldade dos alunos em construir explicações teóricas para os fenômenos relacionados com **soluções**. Os dados de aprendizagem mostraram, também, uma grande potencialidade dos alunos em trabalhar com raciocínios teóricos, o que não está sendo aproveitado pelo ensino no que poderia ser uma tentativa de promover, nos alunos, o pensamento teórico.

ABSTRACT

The fundamental aim of this work was to investigate the empirical-theoretical relationship in the process of the teaching/learning of the chemical concept **solutions**. It started off from the presupposition that, while treating of the teaching of Chemistry in general, and of **solutions** in particular, an adequate treatment of the ideas that emerged from the empirical observation and the theoretical reasoning could contribute to the promotion of the formation of theoretical thinking in students, responsibility for which falls fundamentally on the school.

The data in this investigation were constructed from *i)* the transcription of interviews with public school teachers in the city of Campinas-SP; *ii)* the analysis of tests given to first and second year secondary students of Chemistry-technical school, before and after the process of teaching of **solutions**; *iii)* the analysis of the process of the teaching/learning of **solutions**, which involved three studies: analysis of tests given to second year secondary students before being taught about **solutions**; analysis of the observation of this teaching done through the observation registers and transcriptions; and analysis of the interview carried out on a sample of students during the process of teaching/learning of **solutions**. An analysis was carried out both of the contents of the data that emerged from the tests and of the interviews.

The analysis of this block of data pointed to the dominance of an empirical-utilitarian view among the teachers vis a vis the theme **solutions**, to the detriment of its theoretical aspects. This view, in turn, was reflected in the learning data, that showed the students' difficulty in constructing theoretical explanations for the phenomena related to **solutions**. The learning data also demonstrated that students show great potential for theoretical reasoning. This potential isn't being tapped in teaching thereby missing out an opportunity to stimulate theoretical thinking among students.

	Página
III.2. Sobre a Abordagem Qualitativa-Quantitativa do conceito Soluções	72
III.3. Sobre o Laboratório e as Aulas Práticas	79
III.4. Sobre a Contribuição do Tema Soluções à Estrutura de Conhecimentos do Aluno	85
III.5. Sobre os Indícios da Concepção dos Professores Acerca da natureza do Fenômeno da Dissolução	94
 CAPÍTULO IV SEGUNDO ESTUDO - CONCEPÇÕES DE ALUNOS SOBRE SOLUÇÕES	 98
 CAPÍTULO V TERCEIRO ESTUDO - CONCEPÇÕES DE ALUNOS E PROFESSOR NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE SOLUÇÕES	 105
V.1. Análise dos Dados do Teste 2	105
V.2. Descrição do processo de Ensino	119
V.3. Análise dos Dados das Entrevistas com Alunos	135
V.3.1. Concepções dos Alunos sobre a Dissolução do Sal em Água	136
V.3.2. Concepções dos Alunos sobre a Natureza do Fenômeno da Dissolução do Sal em Água	150
V.3.3. Concepções dos Alunos sobre a Dissolução do Açúcar em Água	156
V.3.4. Concepções dos Alunos sobre a Natureza do Fenômeno da Dissolução do Açúcar em Água	164
V.3.5. Concepções dos Alunos sobre a Mistura de Água e Álcool	166
V.3.6. Outros Conceitos Discutidos durante as Entrevistas	170
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 173

BIBLIOGRAFIA

182

ANEXOS

186

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Roteiro de Entrevista com Professores	1
2. Conteúdo Químico a ser Trabalhado na Primeira Série do Segundo Grau	2
3. Teste 1	12
4. Teste 2	13

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Teste 1 - Alunos do Primeiro Ano - Idéias sobre Solução, Dissolução e Diferenças e Semelhanças entre Soluto e Substância	100
2. Teste 1 - Alunos do Segundo Ano - Idéias sobre Solução, Dissolução e Diferenças e Semelhanças entre Soluto e Substância	101
3. Teste 2 - Alunos do Segundo Ano - Idéias sobre Solução, Dissolução do NaCl e do Açúcar em Água	108

INTRODUÇÃO

I. CONTEXTUALIZANDO O PROBLEMA

O presente trabalho surgiu como resultado de algumas certezas, inquietações e outras tantas interrogações e da vontade de fazer alguma coisa no campo da investigação em Educação Química que contribua, senão para resolver problemas, pelo menos para ampliar e elevar o nível de discussão sobre o processo de ensino-aprendizagem de Química através do tratamento de um tema específico: Soluções.

No domínio das certezas encontra-se a idéia de que, ao se discutir o processo de ensino-aprendizagem de Química, o objeto de conhecimento, neste caso, o conteúdo químico, é de fundamental importância, uma vez que ele não é apenas um pretexto para esta ou aquela proposta metodológica, e nem um meio para implementar as diretrizes de alguma teoria de aprendizagem. O conteúdo químico é um componente fundamental na relação aluno-objeto de conhecimento-professor que se estabelece em sala de aula, porque é a partir dos conceitos desse campo de conhecimento que o professor há de ensinar e os alunos hão de aprender ou não. Em outras palavras, procedimentos de conhecimento só existem em relação a objetos de conhecimento. E tendo em mente esta importância, é que se deu atenção especial à escolha do tema químico para esta investigação sobre questões de ensino-aprendizagem. A escolha recaiu em Soluções pelo fato de o considerarmos importante sob vários aspectos e, fundamentalmente, porque consta de todos os currículos de Química das escolas brasileiras de ensino médio, sejam estas comuns ou técnicas.

Apesar disso, a riqueza conceitual desse tema não tem sido adequadamente explorada pelo ensino, na medida em que Soluções constitui-se como um tema potencialmente significativo para promover a sistematização de inúmeros outros conceitos químicos importantes. Isto porque a sua própria conceituação pressupõe a compreensão de idéias relativas a mistura, substância, ligações químicas, modelo corpuscular da matéria, interação química, entre outros. Por outro lado, tópicos químicos importantes como

funções químicas, equilíbrio químico, tipos de reações químicas e eletroquímica são relacionados com Soluções, já que estas constituem o meio mais comum de ocorrência de transformações químicas. Além disso, um tratamento adequado do estudo das funções químicas, por exemplo, pressupõe a compreensão do fenômeno da dissolução, o qual deveria ser abordado através de relações entre informações químicas macroscópicas e microscópicas pois, como apontado por Nakleth (1992), o aluno só aprende um conceito químico quando consegue explicá-lo em termos atômico-moleculares.

Apesar de os alunos geralmente apresentarem dificuldades de aprendizagem quanto ao nível microscópico dos conceitos químicos, é de se esperar que, ao conseguirem abstrair, elaborar e utilizar noções abstratas para racionalizar e explicar fenômenos macroscópicos, terão aprendido não somente os conceitos químicos, mas terão dado um salto qualitativo no processo cognitivo.

Neste contexto é que se situam as interrogações deste trabalho: poderia uma visão química de Soluções que contemplasse sua abrangência e importância no contexto geral do conteúdo químico, aliada a uma concepção de aprendizagem que priorizasse o processo de desenvolvimento dos conceitos, evitar o compartimento dos conteúdos tão presente nos livros didáticos e na usual prática docente de Química? Consequentemente, poderia tal visão evitar a ocorrência da aprendizagem mecânica dos alunos, tão comum nos cursos de Química do ensino médio? Considerando a importância do professor na promoção da aprendizagem dos alunos, qual é a visão dos mesmos sobre Soluções? Consideram eles o tema fundamental ou não? E, caso o considerem, quais são as justificativas?

Considerando-se os aspectos teóricos acerca do processo ensino-aprendizagem, convém ressaltar os rumos que a pesquisa em Educação em Ciências tem tido nos últimos anos.

II. O CONSTRUTIVISMO E O ENSINO DE CIÊNCIAS

A partir de meados da década de 1970, as idéias construtivistas tiveram grande difusão entre os pesquisadores da Educação em Ciências e da Psicologia cognitivista. Em

consequência, um grande número de trabalhos foi realizado na investigação seguindo estas idéias que, se não eram novas - os trabalhos de Piaget já eram bem conhecidos - significaram uma guinada na visão dos processos de ensino e aprendizagem e, em especial, deste último. Os grandes esforços realizados na década de sessenta na elaboração de novos currículos não tinham correspondido às expectativas de resolver as dificuldades de aprendizagem dos alunos. Surgiu, então, a necessidade de reavaliar as pesquisas e, logicamente, os princípios teóricos que as norteavam. Até então o behaviorismo tinha dominado esta área da investigação.

Contrariamente a esta corrente, o construtivismo significou a retomada de um ponto de vista "ativo" da aprendizagem, segundo o qual esta última não é vista como uma forma passiva de adquirir conhecimentos mas como um processo no qual o aprendiz tem de construir ativamente seu conhecimento com base em idéias já existentes na sua estrutura cognitiva. Este pressuposto determinou a orientação da pesquisa no sentido da identificação das idéias prévias dos alunos e do papel destas no processo de aprendizagem. Os conceitos das disciplinas escolares, fundamentalmente a Física mas, também, a Química e a Biologia, constituíram-se num lugar privilegiado para a realização destes propósitos. Assim, foram identificadas as "idéias prévias" dos alunos - as denominações encontradas na literatura são variadas: concepções ou conhecimento prévio, concepções cotidianas, idéias intuitivas, esquemas alternativos - sobre calor, força, energia e outros tópicos. A premissa de Ausubel: "O mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo" (Ausubel, 1968, p.vi), tornou-se uma espécie de guia para a investigação.

Os trabalhos mostraram largamente que as idéias prévias dos alunos estão geralmente distantes das aceitas pela comunidade científica e que o ensino nem sempre contribui para a mudança conceitual, ou seja, para a assimilação do conceito em sua formulação desejável. Em outras palavras, estas idéias são persistentes ou resistentes ao ensino. Tal persistência é explicada considerando-se que as pessoas explicam os fenômenos com os quais lidam nas suas vidas, criando as suas próprias teorias. Estas teorias nem sempre estão de acordo com as explicações científicas e, ao serem

confrontadas, pode acontecer que se os novos conceitos não adquirirem significação, as antigas concepções prevalecerão. Entre os trabalhos estrangeiros, a tese de doutoramento de Martins (1989) mostra, num estudo das manifestações dos alunos acerca da energia nas reações químicas, a persistência destas idéias. Há também pesquisas de autores brasileiros nessa direção; um exemplo é o trabalho de Justi (1991) sobre as idéias prévias dos alunos e a persistência das mesmas acerca da estrutura da matéria mesmo após os alunos terem sido submetidos a um processo de ensino que visava promoção de mudança conceitual.

Muitos autores têm-se ocupado deste assunto, entre eles Nussbaum(1989), Hashweh(1986), Hewson e Thorley (1989), a partir de um trabalho da autoria de Posner et al (1982) sobre um modelo de mudança conceitual que se tornou muito difundido no campo da Educação em Ciências. No esquema de Posner, a mudança conceitual se realiza através do conflito cognitivo entre as concepções existentes e aquelas apresentadas pelo professor, o que leva finalmente a uma acomodação cognitiva. Como é possível depreender-se, no primeiro estágio do processo de mudança conceitual, as pré-concepções dos alunos têm que ser identificadas. Foi precisamente a esta identificação que os investigadores dedicaram grandes esforços, o que significou uma grande contribuição para a superação do ponto de vista "passivo" da aprendizagem, segundo o qual o aprendiz é vazio de idéias, sendo considerado um receptor de conhecimento.

Há na literatura, também, dados de investigações que foram além da identificação das idéias prévias dos alunos. O estudo de Dreyfus, Jungwirth e Elovitch (1990) é um exemplo significativo da utilização do conflito cognitivo como estratégia para a mudança conceitual. Nas conclusões desse trabalho, além de afirmarem que "decisões sobre o que e em que nível ensinar tópicos científicos têm que ser baseadas nos princípios de mudança conceitual", os autores expõem as dificuldades para o estabelecimento de um conflito cognitivo significativo. Estas seriam: dificuldades dos alunos de raciocinar formalmente com conceitos abstratos, pobre compreensão de dados conceituais que se esperaria que lhes fossem familiares, decisões dos professores em não lidar com alguns pré-requisitos, ou não consciência, por parte dos mesmos, em relação à falta de pré-requisitos dos alunos. Os autores observam que, mesmo sendo estabelecidos conflitos significativos, estes não

são sempre bem sucedidos, no sentido de que eles nem sempre asseguram a construção do conhecimento requerido e/ou do conhecimento desejado. Aos professores é atribuída, na opinião dos autores, a tarefa de promover condições para que tanto o conflito quanto a construção de novas idéias sejam significativos para os alunos.

III. A PROBLEMÁTICA CONCEITUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS

As conclusões acima mencionadas merecem reflexão. Primeiramente, os conceitos, como produto e meio do pensamento humano, pressupõem sempre um nível de abstração; pode-se dizer que os conceitos sempre são abstratos. Nos conhecidos trabalhos de Karl Marx, "Introdução à Crítica da Economia Política" (1857) e "Prólogo à Crítica da Economia Política" (1859) estão expostas suas idéias fundamentais acerca da relação do concreto-abstrato que têm grande valor no tratamento metodológico da investigação científica. *"Sem as abstrações -diz Marx- não há possibilidade de pensamento e de conhecimento de qualquer tipo que sejam"*. Segundo o pensamento marxista, o concreto (sempre relacionado ao abstrato no processo do conhecimento) é o ponto de partida da observação e da concepção, enquanto no pensamento humano ele aparece como síntese, como resultado e não como ponto de partida. O concreto é a síntese de muitas determinações, é a unidade do múltiplo. O objeto apresenta-se como um todo, mas a apropriação sensorial dele é sempre imprecisa pois não toma o objeto em suas conexões profundas e é incapaz de chegar à sua autêntica integridade. A abstração é um meio de compreender o objeto. Abstrair significa tomar o objeto num aspecto determinado, independentemente dos demais aspectos, destacar uma propriedade das outras e, assim, estabelecer os nexos que permanecem ocultos para o conhecimento empírico. A abstração é o procedimento que permite compreender mais a fundo o objeto. Desta forma o concreto se reproduz novamente num nível superior mediado pelo pensamento. Através da abstração chega-se ao concreto mais verdadeiro e completo.

Retomando o já mencionado estudo de Dreyfus et al, as dificuldades que os alunos têm em abstrair são compreensíveis, mais ainda se considerarmos que são crianças ou

adolescentes. Certamente, é ilusório pensar que esses alunos atingirão níveis de abstração sozinhos. Por isso ao professor cabe, muito mais que promover condições para que o conflito e sua superação sejam significativos para os alunos. Por outro lado, os alunos podem apresentar dificuldades na compreensão de dados conceituais aparentemente tidos como familiares. Isto pode significar que tomar decisões sobre o que e em que nível ensinar tópicos científicos pode ser um processo baseado não somente ou, não necessariamente, nos princípios da mudança conceitual. Em outras palavras, o sujeito pode aprender não somente através do conflito cognitivo mas, também, através da sistematização de conceitos adquiridos anteriormente promovendo-se, assim, um passo prévio para a introdução de um novo conceito na sua estrutura cognitiva. Não é possível afirmar-se que para cada novo conceito a ser ensinado haverá um pré-conceito conflitante com ele, ou que para todos os fenômenos da vida, as pessoas construam suas próprias explicações. As Soluções, por exemplo, têm ampla difusão na vida cotidiana, mas isto não significa que as pessoas têm uma explicação consciente de como elas se constituem.

Segundo Karel Kosik:

"A atitude primordial e imediata do homem, em face da realidade, não é a de um abstrato sujeito cognoscente, de uma mente pensante que examina a realidade especulativamente, porém a de um ser que age objetiva e praticamente, de um indivíduo histórico que exerce a sua atividade prática no trato com a natureza e com os outros homens, tendo em vista a consecução dos próprios fins e interesses, dentro de um determinado conjunto de relações sociais. Portanto, a realidade não se apresenta aos homens, à primeira vista, sob o aspecto de um objeto que cumpre intuir, analisar e compreender teoricamente (...). No trato prático-utilitário com as coisas - em que a realidade se revela como mundo dos meios, fins, instrumentos, exigências e esforços para satisfazê-las - o indivíduo em situação cria suas próprias representações das coisas e elabora todo um sistema correlativo de noções que capta e fixa o aspecto fenomênico da realidade.

Todavia, a existência real e as formas fenomênicas da realidade - que se reproduzem imediatamente na mente daqueles que realizam uma determinada praxis histórica, como conjunto de representações e categorias de pensamento comum (que apenas por hábito bárbaro são consideradas conceitos) - são diferentes e muitas vezes absolutamente contraditórias com a lei do fenômeno, com a estrutura da coisa e, portanto, com o seu núcleo interno essencial e o seu conceito correspondente. Os homens usam o dinheiro e com ele fazem as transações mais complicadas, sem ao menos saber, nem ser obrigados a saber, o que é o dinheiro. 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, 1989, pp. 9-10).

Ao encontro destes questionamentos, as idéias de L. S. Vygotsky (1987) sobre a mediação social na formação de conceitos, e a abordagem destes últimos como produto de um processo constante de desenvolvimento intelectual, conduzem à consideração da sistematização como forma de aprendizagem e vêm demonstrar um aspecto que parece ser crucial: o papel do professor nos marcos do construtivismo que tem dominado a pesquisa nos últimos anos.

A consideração da aprendizagem exclusivamente como uma atividade auto-estruturante levou ao extremismo individualista de considerar o aluno como um sujeito super-ativo, criador do seu próprio conhecimento, e deixou sem explicação teórica a função do professor, por não configurar a gênese social da produção do conhecimento humano.

Como aconteceu na década de sessenta, o grande volume de pesquisas uma vez mais não parece ter correspondido às expectativas dos educadores de uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

A prática cotidiana de sala de aula levou os educadores-pesquisadores a questionarem outros aspectos da ação pedagógica. Surgiram, assim, estudos considerando o aspecto social do ensino de Ciências (veja-se, por exemplo, Solomon, 1987). Entretanto, esses trabalhos mesmo significando um esforço na tentativa de considerar os aspectos sociais, não têm contribuído muito para o avanço na resolução dos problemas da teoria e, conseqüentemente, da metodologia de pesquisa em ensino de Ciências. Parece-nos que as limitações estão, de certa forma, determinadas pela postura filosófica subjacente ao construtivismo que tem norteado as pesquisas, pois parte-se do pressuposto de que a relação do sujeito com o objeto de conhecimento é idiossincrática, e se a idiossincracia é vista especificamente como uma atividade auto-estruturante do sujeito, sem considerar as relações sociais onde ela é produzida, não há, nesse marco teórico, explicação para a gênese social da construção do conhecimento. A consideração "individualista" da idiossincracia e a diferenciação um tanto artificial ou arbitrária entre conceitos científicos e intuitivos restringem, muito provavelmente, a potencialidade do conflito como elemento favorecedor da aprendizagem. Não se está negando ou desconhecendo aqui a construção

pessoal na aprendizagem dos conceitos. Numa visão construtivista, considera-se que ao assimilar um conceito, seja ele espontâneo ou científico, o sujeito o transforma, o modifica, o refaz, imprimindo no processo dessa transformação as particularidades específicas do seu pensamento individual. Se esse processo é válido para ambos os tipos de conceitos trata-se, então, de rediscutir as características dos mesmos. Certamente, não há na mente do sujeito "canais" diferentes para conceitos intuitivos e científicos. Então, qual a diferença entre ambos?, e quais as implicações destas diferenças para o ensino e para a aprendizagem?

Em um trabalho de investigação sobre o desenvolvimento de conceitos científicos em crianças que estão sendo submetidas ao ensino dessas idéias Shif (1935) escreveu:

"O problema fundamental da investigação são as particularidades do desenvolvimento dos conceitos científicos, formados nas condições do ensino, em comparação com os conceitos espontâneos e as diferenças entre eles, caso estas sejam constatadas no curso da investigação.

Nós derivamos estas diferenças entre os conceitos espontâneos e científicos considerando as particularidades na sua gênese, nas fontes a partir de onde eles se desenvolvem, no caráter e no tipo dos respectivos desenvolvimentos.

Conceitos espontâneos, cotidianos como, por exemplo, irmão, casa, cinema, ladrão, etc. geralmente estão ligados à experiência individual da criança, ao seu cotidiano. São empregados e utilizados na fala contextualmente. O seu desenvolvimento acontece em condições de uma grande comunicação social e em cooperação com o adulto, mas esta comunicação não tem um caráter especialmente organizado. A criança obtém o conhecimento sobre estes objetos fora de um sistema, casualmente, de forma episódica.(...) Nós, ao falarmos de conceitos espontâneos, consideramos como característica fundamental das condições do seu desenvolvimento e de suas fontes a grande comunicação da criança com o meio social e a ausência de um sistema na aquisição destes conhecimentos.

O determinante nos conceitos científicos é que estes são adquiridos e se desenvolvem sob a direção e com a ajuda do professor e que este conhecimento é dado ao aluno dentro de um sistema específico. O caráter da ajuda do adulto aqui é diferente daquela que é dada para os conceitos espontâneos. No caso dos conceitos científicos, há pouca saturação de experiência pessoal e, na maioria das vezes, seu desenvolvimento começa com a definição verbal. Dificilmente a criança os emprega na fala de situações cotidianas. A presença e a ausência de um sistema de conhecimentos e o próprio processo de aprendizado são os sintomas diferenciadores de uns e outros. (Shif, p.32, 1935) (Tradução nossa).

É possível depreender-se, através da análise de Vygotsky e seus colaboradores a respeito dos conceitos espontâneos e científicos, que surge outra perspectiva de prática pedagógica. Nesta, não se parte da consideração de que os conceitos espontâneos têm de ser conhecidos "como se conhece a um inimigo" - para vencê-los numa batalha ou para

destruí-los - que é a idéia que emerge da consideração da existência de um antagonismo entre eles e que conduz à supervalorização do conflito cognitivo.

As questões acima abordadas podem ser, então, assim resumidas:

- * a necessidade de se contextualizar, através da sistematização, um determinado conteúdo, como forma de facilitar a aprendizagem (esta questão decorre da análise das características dos conceitos científicos);

- * o tratamento adequado da relação macroscópico-microscópico na Química que, por sua vez, conduz à discussão das dimensões empírico-teórica no processo de conhecimento e à relação concreto-abstrato nesse processo;

- * as restrições do processo de conhecimento decorrentes da supervalorização do conflito cognitivo como meio para atingir a aprendizagem;

- * o questionamento do papel do professor que emerge tanto da problemática do conflito como de duas abordagens diferentes da idiosincrasia: como uma atividade exclusivamente auto-estruturante ou como uma atividade estruturante do sujeito no contexto de uma determinada prática social.

No presente trabalho, essas questões serão discutidas reportando-se a um tópico específico do conteúdo químico do ensino médio: Soluções. Isto porque parte-se do pressuposto de que qualquer que seja a teoria de aprendizagem na qual esteja fundamentada a análise do processo de ensino-aprendizagem, o objeto de conhecimento terá um papel relevante. Sejam quais forem os mecanismos supostos, através dos quais o sujeito aprende, ele estará sempre aprendendo "algo" e esse "algo", que é o objeto de conhecimento, fará parte indissolúvel da sua estrutura cognitiva. Em outras palavras, não existe estrutura conceitual "vazia"; ela pressupõe os conceitos, ou seja, o produto e o meio da relação do homem com o objeto de conhecimento. Por sua vez, as discussões colocadas acima conduzem a outro questionamento: o papel da Escola na construção do conhecimento e na formação do sujeito.

A história do pensamento humano é a história da tentativa do homem de conhecer a natureza, de entender e, ao mesmo tempo, construir, através do pensamento, as relações nela contidas e, apropriando-se desse conhecimento, melhorar suas condições de vida.

Nesse processo o homem generaliza e abstrai criando teorias, que são o nível mais alto do seu pensamento, e, através das quais, ele se propõe transformar o mundo. Como não considerar, então, importante o objeto de conhecimento, neste caso, o conteúdo químico?

Entre as inquietações citadas anteriormente e que, como foi dito, também deram origem a este trabalho, está o desconforto pessoal com a nossa própria prática pedagógica e com os resultados insuficientes obtidos na aprendizagem de nossos alunos em particular e dos alunos em geral. Quem lida com o trabalho de sala de aula sabe que os resultados deste estão muito aquém dos objetivos registrados em documentos ou discursos oficiais. Sabe-se que a situação pedagógica é complexa pois o aluno é um sujeito epistêmico complexo e, mais ainda, um ser infinitamente complexo na sua totalidade, assim como o professor também o é. Sabe-se que nenhuma teoria psicológica da qual a pedagogia faz empréstimos dá conta de responder a todas as interrogações que surgem em sala de aula. Sabe-se que tanto a escola, como instituição, quanto o objeto e o sujeito do conhecimento carregam a intervenção ideológica da sociedade; quer dizer, a sociedade se interpõe entre o sujeito e o objeto e, ao mesmo tempo, faz parte deles. Esta questão ideológica, que foi tratada por muitos teóricos e pesquisadores (Apple, 1987), e que faz parte das nossas preocupações, não tem de ser certamente considerada como um determinismo social-ideológico que tornaria qualquer tentativa de trabalho em Educação condenada ao fracasso. A Escola é, certamente, uma instituição que deveria mudar, mas é com ela, como ela existe e, a partir do que ela é, que se tem de trabalhar, até porque, entre as inúmeras contradições que nela se desenvolvem, se apresentam as brechas para um trabalho progressista, questionador e, também, transformador. Não se trata de super-dimensionar o papel da Escola. Ela é uma das tantas instituições onde o homem realiza a sua atividade social. Contudo, é a ela que se devem reportar os professores e investigadores da Educação. Poder-se-ia falar muito mais a este respeito mas, em vista do pouco que foi mencionado, já se pode concluir que a situação pedagógica e os seus problemas impõem a todos uma rigorosa reflexão. Trata-se de ampliar a visão de ensino-aprendizagem de forma a relacionar a natureza do conhecimento humano com elementos fundamentais na sua construção, como a linguagem (forma de existência e construção deste conhecimento), e com os processos psicológicos

pelos quais o sujeito aprende. Enfim, trata-se de analisar o processo cognitivo de forma dialética.

Um exemplo de como, às vezes, questões relacionadas a ensino-aprendizagem, no campo do conhecimento químico, são tratadas de uma forma um tanto inadequada é o trabalho de Johnstone (1982), "Macro-and microchemistry" onde o autor expõe a existência na Química de três níveis de classificação e estudo do objeto de conhecimento: um nível descritivo funcional, que permite descrever as propriedades dos materiais; um nível representacional, onde as substâncias e suas transformações são representadas por fórmulas e equações; e um nível molecular ou explanatório, no qual tenta-se explicar os fenômenos e transformações que ocorrem com as substâncias. Por sua vez, estes três níveis podem ser organizados em dois: o macroscópico que inclui o descritivo e o representacional e o microscópico que inclui também o representacional e o molecular ou explanatório. No esquema de Johnstone o nível representacional estaria na fronteira entre os níveis macroscópico e microscópico, o que pode ser interpretado como o lugar da passagem ou do estabelecimento de relações entre a compreensão macroscópica e microscópica dos fenômenos químicos. Entre as conclusões do autor, encontra-se a de que a macroquímica pode ser suficiente para explicar muitos fatos da vida das pessoas e que nem todos estão interessados em realizar a "ginástica mental" de passar de um nível a outro do conhecimento.

Certamente muitos professores concordarão com estas afirmações pois o tratamento dos fenômenos químicos no nível macroscópico fornece um amplo campo de conhecimento da Química. Da mesma forma não é difícil concordar com a opinião de que nem todos os alunos estão dispostos (e muitos professores também) a realizar a ginástica mental de passar de um nível a outro. Entretanto, a relação do macroscópico com o microscópico, na Química e no seu ensino, como em toda Ciência, merece certamente outra perspectiva de discussão porque envolve questões mais amplas frente às quais é preciso se posicionar. Dito em outras palavras, a discussão do macroscópico e do microscópico é uma discussão epistemológica. Nesse sentido, o tratamento da compreensão microscópica dos fenômenos químicos pressupõe fazer perguntas tais como:

para a formação de que tipo de pensamento está organizada a escola? qual pensamento, empírico ou teórico, se deveria desenvolver nos alunos? qual é a natureza destes dois tipos de pensamento? qual é a significação da utilização de modelos no ensino? qual é o papel do ensino no desenvolvimento cognitivo do aluno?.

III.1 A RELAÇÃO EMPÍRICO-TEÓRICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Historicamente, foi na Filosofia e na Lógica dialética onde se formaram os conceitos sobre os tipos de pensamento humano e sobre as condições históricas do seu desenvolvimento. Ao mesmo tempo é importante considerar questões associadas à relação entre o ensino e o desenvolvimento psíquico dos alunos, discutidas e estudadas na Psicologia. Em relação a estas questões observa-se frequentemente entre os educadores em Ciências uma certa tendência em examinar os problemas específicos de suas ciências desvinculados das teorias filosóficas do pensamento, o que certamente conduz a uma resolução insuficiente, ou pouco convincente, destes problemas.

No que diz respeito especificamente à prática pedagógica, existe uma concepção bastante difundida de que o desenvolvimento psíquico da criança e do adolescente acontece de acordo com leis próprias, independentemente do aprendizado. Partindo deste pressuposto, o ensino e a educação não influiriam substancialmente no desenvolvimento intelectual, do que se deriva uma prática pedagógica com a finalidade de utilizar e apoiar-se nos resultados do desenvolvimento natural do aprendiz. Estas idéias, derivadas para o ensino de Ciências dos trabalhos de Piaget sobre os estágios de desenvolvimento da criança, têm fundamentos reais, pois existe um desenvolvimento natural, espontâneo do ser humano. Entretanto, estes pressupostos mostram limitações pois não consideram que o desenvolvimento do sujeito está inserido em determinadas condições histórico-culturais. Sendo assim, o biológico, o maturacional estão em constante interação com o histórico social, e, a educação escolar, como uma das atividades humanas, também está inserida nesse contexto.

Outra prática pedagógica pode resultar de uma concepção diferente da relação entre o desenvolvimento psíquico e o ensino e a educação. O psicólogo Lev S. Vygotsky formulou uma tese segundo a qual o ensino e a educação das crianças participam da constituição do desenvolvimento psíquico. Sendo assim, pode-se dizer que o ensino e a educação promovem tal desenvolvimento.

Segundo Vasili Davidov:

" A psicologia e a pedagogia tradicionais apoiaram-se, fundamentalmente, para interpretar o pensamento na, também tradicional, lógica formal, alheia à dialética. Por isso a escola tradicional cultiva nas crianças só um tipo de pensamento, minuciosamente descrito no seu momento pela lógica formal: o pensamento empírico. Para este é característica uma relação cotidiana, utilitária com as coisas e por isso é alheio à valorização e compreensão teórica da realidade". (Davidov V. 1988, p.5, tradução nossa).

Qual a relação entre esta citação e as idéias expostas anteriormente a respeito da relação entre desenvolvimento e educação? 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. O conhecimento empírico procede fundamentalmente da experiência, das observações, mas neste nível cognitivo, o objeto de conhecimento se reflete do ponto de vista das propriedades e relações acessíveis à observação sensorial. Os dados proporcionados pela observação empírica constituem um fator importante para o processo cognitivo posterior. Pode-se dizer que são sempre um referencial para qualquer movimento do pensamento humano que, nos seus níveis mais elevados, produz as teorias. Isto está relacionado com a afirmação de Lenin de que *"a prática certamente não é o único, mas é o melhor critério da verdade"*. Não se trata aqui de desconhecer a importância das observações empíricas mas sim, de se discutir sobre suas limitações no desenvolvimento intelectual dos alunos.

Sabe-se que um dos objetivos do ensino escolar é a formação nos alunos de generalizações conceituais. No processo de generalização, que acontece de forma inseparável da operação de abstração, a criança ou o adolescente separam do grupo de objetos, por meio da comparação, as propriedades (qualidades) comuns, ou seja, que se repetem. Desta forma se reconhecem os objetos na multiplicidade dada através do

invariante. A qualidade geral torna-se um objeto independente que é apreendido pela palavra.

A respeito da formação de conceitos e do papel da palavra nesse processo, Vygotsky (1987) escreveu:

"Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo mediador é incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos, esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo." (Vygotsky L. S. 1987, p.48).

A generalização é caracterizada como via fundamental para a formação de conceitos nos escolares e permite aos alunos realizar uma operação de grande importância no estudo: a classificação. Os alunos classificam plantas, animais, palavras, reações químicas, estabelecem relações conceituais de gênero e espécie. Através do reconhecimento de objetos e fenômenos, como pertencentes a uma determinada espécie, os conceitos são separados por suas propriedades e colocados em algum lugar da classificação criando-se assim uma hierarquia de generalizações. Em todo este processo, o professor organiza a observação dos alunos, precisando o objeto de observação, orientando a análise no sentido de diferenciar os aspectos essenciais dos fenômenos daqueles que não são essenciais.

Convém destacar a importância da participação da palavra em todo tipo de conhecimento, empírico ou teórico. A linguagem organiza o conhecimento nos seus níveis crescentes de generalização dos conceitos. Mas os procedimentos e métodos de ensino descritos anteriormente correspondem à interpretação lógico formal das operações mentais. A correspondência observa-se, segundo Davíдов,

"...em primeiro lugar na interpretação do geral só como o igual ou o semelhante no grupo de objetos, em segundo lugar o essencial é interpretado só como uma característica distintiva da classe de objetos e em terceiro lugar, na descrição do trânsito da percepção à representação e logo ao conceito." (Davíдов, V. p. 103, tradução nossa).

Este esclarecimento tem uma importância teórica de princípio. É comum observar-se, na psicologia e na pedagogia, o tratamento dos conceitos negligenciando os processos de transformação dos mesmos. Na realidade, quando se trata da via de generalização conceitual exposta acima, falar-se somente da sua interpretação lógico formal que conduz

somente à formação dos chamados conceitos empíricos. O trabalho de R. W. Howard, "Concepts and Schemata" (1987) é um exemplo desta visão no tratamento dos conceitos. O livro está dedicado aos conceitos e suas implicações no processo de ensino-aprendizagem. Sem querer estabelecer aqui uma polêmica a respeito da postura filosófica subjacente àquele trabalho, a transcrição de alguns trechos mostra que a discussão dos conceitos não está colocada no contexto em que historicamente surgiu e como é tratada nos dias de hoje. Dito com outras palavras, um livro dedicado aos conceitos teria de fazer uma discussão epistemológica dos mesmos. Por outra parte, a ausência, no extenso referencial bibliográfico, de filósofos-epistemólogos como Kant, Hegel, Engels, Marx e Bachelard, entre outros, é também uma demonstração do afirmado anteriormente.

"O conceito de conceito

Antigamente, conceito era definido como uma representação mental de categoria. A definição pode ser explicada a seguir. A categoria é uma classe na qual estímulos são alocados de acordo com algumas similaridades. Um conceito é alguma coisa na cabeça da pessoa que a permite atribuir estímulos dentro ou fora da categoria (Anglin, 1977). Assim, a categoria consiste dos estímulos no mundo exterior e o conceito de informação na memória. Como uma ilustração tomemos a categoria "cachorro". Esta categoria inclui todos os cachorros reais e imaginários no mundo, enquanto que o meu próprio conceito de cachorro é uma idéia que me permite classificar vários animais como cachorro. Isto é importante para admitir que os dois não são o mesmo. Uma categoria é diferente de um conceito." (Howard, 1987, p.4).(Tradução nossa).

Dizer que o conceito pode ser definido como a representação mental da categoria é um tanto confuso. O significado do termo *conceito* surge da análise da atividade prática do homem no esforço por compreender a *estrutura da coisa*, de atingir a *essência da coisa* que não se manifesta direta e imediatamente no fenômeno.

Segundo Karel Kosik:

"O conceito da coisa é compreensão da coisa, e compreender significa conhecer-lhe a estrutura. A característica precípua do conhecimento consiste na decomposição do todo. A dialética não atinge o pensamento de fora para dentro, nem de imediato, nem tampouco constitui uma de suas qualidades; o conhecimento é que é a própria dialética em uma de suas formas; o conhecimento é a decomposição do todo. O "conceito" e a "abstração", em uma concepção dialética, têm o significado de método que decompõe o todo para poder reproduzir espiritualmente a estrutura da coisa, e, portanto, compreender a coisa". (Kosik, K., 1989, p. 14).

Por sua vez Vygotsky, discutindo o desenvolvimento dos conceitos científicos na infância, escreveu:

"...um conceito é mais do que a soma de certas conexões associativas formadas pela memória, é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser ensinado por meio de treinamento, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já tiver atingido o nível necessário.(...) O desenvolvimento dos conceitos, ou do significado das palavras, pressupõe o desenvolvimento de muitas funções intelectuais: atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar. Esses processos psicológicos complexos não podem ser dominados apenas através da aprendizagem inicial. (Vygotsky, 1987, pp. 71-72).

Ainda considerando o trabalho de Howard (1987), os termos *concreto* e *abstrato* são vistos também pela ótica da psicologia tradicional. Os seguintes trechos podem ser ilustrativos disso:

" Concreto e abstrato

Esta distinção é conhecida por diversos nomes: simples/complexo, não-verbal/verbal e perceptual/abstrato (Cohem,1983). Talvez seja melhor considerá-la mais como um contínuo do que como uma dicotomia. O concreto está fortemente ligado às nossas percepções. Elas surgem a partir de experiências diretas. São exemplos vermelho, mesa, árvore e cachorro. Pouca abstração é necessária para formá-los e estes exemplos podem usualmente ser rapidamente visualizados. Conceitos abstratos são muito mais difíceis de captar porque são grandemente divorciados da experiência. Seus traços representacionais podem ser bem obscuros e variáveis para diferentes pessoas. Alguns exemplos podem ser justiça, liberdade, gênio, arte, beleza e representação. (Howard R.W., 1987, pp. 23-24). (Tradução nossa).

No capítulo 4 do livro citado, ao tratar das características dos conceitos, são feitas diferentes análises destes últimos de acordo com diferentes níveis. Assim, os conceitos são classificados em supraordenados, básicos e subordinados. Estas classificações são úteis sem dúvida, pois é sobre esta base lógica que se constroem geralmente muitos determinantes em ciências naturais. Por exemplo, as plantas, os animais, os minerais são classificados desta forma. Entretanto, este procedimento só opera com as características sensoriais que são dadas diretamente pelos objetos, e este procedimento é estritamente empírico.

O esforço da Ciência consiste em passar da descrição dos fenômenos ao descobrimento da essência como conexão interna destes. A generalização conceitual empírica não separa justamente as particularidades essenciais do objeto, não assegura no conhecimento a separação dos fenômenos e a essência. No dizer de Davidov (1988):

"...a lógica formal tradicional e a psicologia pedagógica descrevem só os resultados do pensamento empírico, que resolve as tarefas de classificar objetos segundo suas características externas e identificá-los. Os processos do pensamento limitam-se aqui: 1) à comparação dos dados sensoriais

concretos com a finalidade de separar características formalmente gerais e realizar sua classificação; 2) à identificação dos objetos sensoriais concretos com a finalidade de sua inclusão em uma ou outra classe. (...) Este tipo de pensamento pressupõe duas vias (...): a via de "baixo pra cima" e a via de "cima para baixo". Na primeira se contrói a abstração(conceito) do formalmente geral, a que por sua essência não pode expressar em forma mental o conteúdo especificamente concreto do objeto. No caminho de "cima para baixo" esta abstração satura-se de imagens visuais concretas do objeto correspondente, torna-se "rica" e "com conteúdo", mas não como construção mental, mas como combinação das descrições e exemplos concretos que a ilustram. (Dávidov, V. 1988, pp. 107-108). (Tradução nossa).

O pensamento racional ou dialético sai dos limites do pensamento empírico. Descobre no objeto o concreto como unidade das diferentes definições que o entendimento reconhece só em separado.

"O pensamento dialético põe a descoberto as passagens, o movimento, o desenvolvimento, graças ao qual pode examinar as coisas de acordo com a natureza própria destas. Aqui reside a verdadeira significação do pensamento dialético para a ciência". (Dávidov V, 1988, pp. 107-108) (Tradução nossa).

A influência da teoria do pensamento empírico no ensino é muito grande. Ensinam-se conceitos com o objetivo de formar no aprendiz conhecimentos de natureza empírica e utilitária, estruturando-se o ensino com apoio em imagens cotidianas concretas. Argumenta-se que a "saída" da criança ou do adolescente das imagens cotidianas concretas influi negativamente no desenvolvimento psíquico, e conclui-se que se deve sistematizar e generalizar a experiência sensorial concreta do aprendiz com o objetivo de formar nele os conceitos. Mas a utilização da experiência cotidiana só leva à formação dos conceitos empíricos.

Certamente a experiência anterior do aluno deve ser considerada no ensino, mas só como via da sua reestruturação qualitativa dentro de uma forma nova para o aluno que é o conhecimento científico teórico.

A conhecida prática didática de avançar do particular ao geral apoia-se nas peculiaridades da formação dos conceitos empíricos. Assim, o geral é o resultado da comparação de objetos singulares e de sua generalização num conceito sobre uma ou outra classe de objetos; o geral aparece como resultado da ascensão do sensorial concreto ao mental-abstrato. Neste esquema, quanto maior o conjunto de diferentes objetos que entram na classe dada, mais "abstrato" e "teórico" será o pensamento. Entretanto, o fato de que um

grande número de objetos entre numa determinada classe não resolve o problema de que cada objeto é tomado unilateralmente, considerando só a sua semelhança com os outros, sem revelar as condições da sua existência de objeto integral na sua especificidade.

Diferentemente do conhecimento empírico, o conhecimento teórico é aquele com um mínimo de apoio em imagens visuais e com um máximo de construções expressas verbalmente. Mas a prática mostra que é muito difícil para os alunos operar com poucos (ou na ausência de) apoios visuais. Por isso recorre-se, constantemente, a estes apoios que concretizam o conhecimento com diferentes casos e exemplos. Em consequência, o critério para se julgar o domínio dos conhecimentos conceptuais abstratos é a habilidade do aluno para dar exemplos e não-exemplos. Mas este tratamento dado aos conceitos, decorrente da teoria da generalização empírica para a qual são suficientes as características identificatórias externas dos objetos, conduz a que as verdadeiras propriedades essenciais dos objetos não sejam evidenciadas. Toma-se o que inicialmente se obtém da percepção como o próprio conteúdo do conceito.

Contrariamente, a teoria materialista-dialética do conhecimento considera que a base de todo conhecimento humano é a atividade objetiva-prática, produtiva: *o trabalho*.

Os objetos da natureza aparecem para as pessoas como objetos e meios destinados a produzir instrumentos que são empregados para transformar a natureza. O homem cria os instrumentos e a sua utilização pressupõe uma finalidade de acordo com as necessidades sociais. Esta finalidade, como imagem ideal do produto, é o guia da sua ação. As pessoas devem ter em conta, antecipadamente, as propriedades dos objetos que permitam produzir a mudança correspondente à finalidade proposta. Para isso é necessário conhecer a própria natureza dos objetos, não somente as suas propriedades externas mas as conexões internas. Somente a transformação prática dos objetos põe em evidência essas conexões internas. Desta forma o objeto adquire uma existência *mediada* e coloca em evidência a sua essência.

A reprodução do objeto acontece repetidas vezes na prática humana e em situações diferentes. Por outro lado, as pessoas transmitem, de geração em geração, os procedimentos desta atividade e para que esta transmissão possa acontecer, as pessoas

devem utilizar modelos ou padrões de procedimentos que realmente garantam a reprodução do objeto, deixando de lado as condições casuais. Neste processo os homens começam a reproduzir, em princípio, qualquer objeto da natureza, e, também, criam os que nela estão potencialmente incluídos.

Somente o homem é capaz de realizar esta atividade produtiva. Os animais também realizam certas atividades produtivas, mas só produzem aquilo que necessitam para si ou para sua cria. O homem produz universalmente de acordo com as necessidades de toda a espécie. O homem produz com uma finalidade e neste processo os objetos passam ao plano da representação ideal.

O problema do surgimento da representação, através da qual o homem reproduz o objeto na sua cabeça e o transforma de acordo a suas necessidades, é certamente muito difícil. Não há muitos dados acumulados sobre a via da idealização da atividade prática. Mas é possível considerar-se que foi de grande importância a transformação da sensibilidade humana em comparação com a dos outros animais. O trabalho desenvolveu a mão e, com isto, os outros órgãos dos sentidos foram adquirindo diferentes capacidades. Sobre isto Marx escreveu: *"Só graças à riqueza objetivamente desenvolvida da essência humana se desenvolve e em parte se gera por primeira vez a riqueza da sensibilidade humana subjetiva...A formação dos cinco sentidos é a obra de toda a história anterior"* (Davidov, citando K. Marx, 1844, Obras, t. 42, p. 122).

Graças à imaginação, as representações surgidas da atividade prática passam a ser utilizadas na comunicação verbal e adquirem um caráter relativamente independente, sem referência direta às coisas. O homem transforma, assim, as próprias imagens das coisas numa atividade subjetiva que, em filosofia, chama-se *pensamento*. Pode-se dizer que pensar significa inventar, construir na mente um projeto idealizado do objeto real que será o resultado do trabalho e, neste processo, adquirem grande importância as expressões semânticas das imagens ideais, ou seja, os padrões verbais e materiais que descrevem e representam os objetos e os procedimentos da sua produção.

Nesse processo, diretamente ligado à atividade prática, ocorre a idealização primária das coisas. O homem constrói juízos fundamentalmente daquilo que pode ser

observado e constatado pela percepção e na base das designações verbais. A utilização da palavra permite dar à experiência sensorial a forma de universalidade abstrata. Esta universalidade, baseada no princípio da repetitividade abstrata, constitui uma das particularidades do pensamento empírico.

É importante destacar que se 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*. O conhecimento empírico só não conduz o pensamento à cognição da *identidade*, da *essência* e do *fenômeno*, da *causalidade*, mas tem possibilidades cognitivas muito amplas. Ele assegura às pessoas um vasto campo de discriminação e designação das 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.

Estas possibilidades do conhecimento empírico de desenvolver as capacidades intelectuais dos alunos talvez tenham contribuído para que as escolas, em geral, promovam este tipo de pensamento nos alunos sem ver as suas limitações na formação de um pensamento que corresponda às exigências contemporâneas.

Antes de se caracterizar e discutir o conteúdo do pensamento teórico, é importante esclarecer que até agora, tem-se apontado que o procedimento pelo qual as pessoas obtêm e empregam os dados sensoriais refere-se ao domínio do pensamento empírico. Entretanto, *o pensamento é conhecimento racional*, do que se depreende que na análise da atividade cognitiva do homem social não se pode falar de "conhecimento sensorial" como degrau predecessor do "conhecimento racional". O conhecimento da humanidade tem, desde suas origens, forma *racional*. O que, sim, é necessário sublinhar é que a base e a fonte de todo conhecimento humano da realidade são as sensações e as percepções, os dados sensoriais. *O sensorial e o racional* não são degraus do conhecimento mas dois momentos presentes em todas as etapas do processo cognitivo.

O racional é componente tanto do pensamento empírico como do pensamento teórico. Mas qual é o conteúdo do pensamento teórico? Segundo Davídov (1988) "*o conteúdo do pensamento teórico é a existência mediada, refletida, essencial*". (Davídov,

V., 1988, p.125). Neste nível, o objeto se reflete desde o ponto de vista dos nexos e regularidades obtidos não somente pela via experimental mas, também, mediante o pensamento abstrato. No conhecimento teórico o sensorial serve de base inicial dos resultados obtidos pelo pensamento como um sistema de signos.

Todavia, em qualquer campo da Ciência encontram-se também elaborações de sistemas teóricos nos quais o conhecimento ultrapassa os limites da experiência sensorial. Assim, por exemplo, quando Planck adiantou a suposição de que a luz era irradiada pelos quanta descontinuamente, em porções, não existia confirmação experimental disso.

O pensamento teórico é o processo de idealização e reprodução mental do objeto de conhecimento. O homem realiza o experimento mentalmente e, neste nível, já não opera com representações, mas com conceitos. Pode-se dizer que ter o conceito de um objeto significa saber reproduzir mentalmente seu conteúdo, construí-lo, reproduzir sua essência, nas relações internas que não aparecem, não podem ser observadas diretamente.

No pensamento empírico, as dependências podem ser descritas verbalmente como resultado das observações sensoriais. Por isso a diferenciação e a classificação aparecem como funções das representações gerais dos conceitos empíricos. A compreensão empírica descreve, cataloga, expõe e esquematiza as manifestações externas dos processos da realidade.

Em contraposição, o pensamento teórico, partindo da realidade objetiva que existe como conexão e unidade do diverso, ou seja, o *concreto*, examina esse concreto em movimento, desenvolvimento, de modo a descobrir essas conexões internas do sistema, e, com isso, as relações entre o singular e o universal.

A observação empírica do concreto pode captar a diferença e a contradição mas pode dar um todo caótico pois não capta o que é fundamental, a essência, a transição, as conexões internas.

É importante destacar que, ao longo da história, o homem precisou reproduzir e construir objetos, e, neste processo, criou os conceitos. Portanto os conceitos existem objetivamente e as pessoas, fundamentalmente crianças e adolescentes captam e assimilam estes conceitos antes de aprender a lidar com suas manifestações empíricas. Os indivíduos

têm de atuar e produzir coisas segundo conceitos que, normalmente, já existem na sociedade com anterioridade, que foram criados num longo processo de produção material e espiritual e, no qual, o pensamento teórico adquiriu soberania e independência: o indivíduo age sobre o mundo, sobre os objetos, com outras pessoas com base em conhecimentos não configurados conceitualmente. Ao utilizar a palavra vai formando o conceito. Este aspecto adquire grande importância no ensino. É possível observar alunos utilizando diversos conceitos nos seus discursos sem compreender o conteúdo dos mesmos.

No processo sócio-histórico de construção e operação com os objetos, que leva à sua fixação e transformação, os símbolos e os signos adquirem grande importância como meio do pensamento científico.

" Os símbolos e os signos são os meios de construção da objetivação idealizada. Os símbolos são representantes sensoriais de certo gênero de objetos (podem combinar-se com os signos, com a designação verbal e semiótica). A forma sensorial do símbolo é semelhante aos objetos que representa (...). A forma sensorial do signo não tem semelhança física com o objeto que designa (aos sistemas pertence a linguagem natural, os signos artificiais). Na ciência, a modelação é um tipo peculiar de idealização simbólico-semiótica". (Davidov, V., 1988, p.132).

Decorrente desta função dos modelos na Ciência, vários autores têm discutido a questão da utilização dos mesmos no Ensino. No trabalho "Los orígenes del saber" de Giordan, A. e de Vecchi, G. (1988) encontra-se a seguinte definição de modelo:

" Originalmente, a definição de "modelo" é a de um sistema figurativo que reproduz a realidade sob uma forma esquemática fazendo-a deste modo mais compreensível. Efetivamente, esta realidade não é, nem transparente, nem acessível diretamente; tem de ser decodificada e para isso é necessário simplificá-la, não conservando dela mais que os elementos e as relações que nos pareçam pertinentes para cada tema tratado. Um modelo é, pois, uma construção, uma estrutura, que podemos utilizar como referência: uma imagem analógica que permite materializar uma idéia ou um conceito, para fazê-lo assim diretamente assimilável". (Giordan, A. e de Vecchi, G., 1988, p.210, tradução nossa).

Dentro da discussão do conhecimento teórico e tendo em conta as questões de ensino-aprendizagem, o tratamento da modelação adquire fundamental importância visto a ampla utilização dos modelos, tanto na Ciência como no seu ensino.

III.II O PAPEL DOS MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Os modelos podem ser de natureza material ou mental. Assim, por exemplo, uma maquete ou o modelo de uma represa são modelos materiais que permitem uma transformação do objeto e refletem as particularidades espaciais e têm uma semelhança com o original. Já uma equação algébrica é um modelo mental que requer uma interpretação especial sem a qual perde a função de modelo.

Mas qualquer que seja o modelo, ele terá uma vinculação com a realidade que está sendo estudada.

"A epistemologia materialista-dialética considera a modelação como uma das formas do conhecimento, como um meio específico de representação do mundo pelo homem." (Moskalenko, A.T. (org), 1979, p.90) (Tradução nossa).

Por sua vez, o cientista Bohr declarou:

"Todos os grandes descobrimentos da Física experimental estão ligados à intuição das pessoas que utilizam os modelos largamente. Para eles estes modelos foram não um produto da fantasia, mas representantes de coisas reais." (Bohr in Moskalenko, A.T. (org), 1979, p.98) (Tradução nossa).

Na vinculação dos modelos com a prática e, considerando-se aqueles como uma forma do conhecimento humano, manifesta-se a natureza socio-histórica deste último.

O fato de o modelo ter algum caráter visual confere a ele a especificidade de que sua compreensão está ligada à sua estrutura, o que, por sua vez, pressupõe uma participação do pensamento, da aplicação dos conhecimentos teóricos e da experiência acumulada. Como sistema semiótico, o modelo busca reproduzir a estrutura do objeto. Uma fórmula química, por exemplo, é um modelo semiótico. Ela transmite o caráter da estrutura da substância ainda que de forma aproximada, simplificada do objeto real; neste caso, ao escrever uma fórmula, um químico simplifica a molécula em duas dimensões.

Há modelos na Ciência que, por seus altos níveis de abstração e pelo complexo aparelho matemático sobre o qual estão construídos, parecem não ter relação com a realidade. Mas é preciso lembrar que o homem cria os modelos para transformar essa

realidade, que os modelos são uma forma de idealização do objeto. Sendo assim, o modelo não pode estar desvinculado da atividade prática do homem.

"É necessário assinalar que a equação de Schrodinger não pode ser deduzida de qualquer princípio físico geral. Entretanto, partindo da fórmula clássica da energia, com a ajuda de uma série de regras (incompreensíveis do ponto de vista da mecânica clássica) é possível deduzir a mencionada equação. Este procedimento não tem nada em comum com as deduções às quais tem-se acostumado na física clássica. O único critério de que essa equação tenha algum sentido físico, (ou seja, demonstra ela ou não o real comportamento de uma partícula material?) está na comparação dos valores, calculados com sua ajuda, e os determinados experimentalmente" (Zagradnak, R e Pollak, R., 1979, p.13) (Tradução nossa)

Os modelos, em geral, e as representações a eles vinculadas constituem os produtos de uma complexa atividade cognitiva que inclui, fundamentalmente, a elaboração mental do objeto, a expressão concreta em imagens das relações essenciais da realidade que não são captadas sensorialmente. Por isso, a introdução cada vez mais frequente de modelos no ensino, relacionada com a crescente produção de modelos na Ciência, tem de ser motivo de discussão por parte dos educadores. Se o ensino está programado fundamentalmente para promover o pensamento empírico onde os objetos são examinados em si mesmos, fora de certo sistema e da conexão com outros objetos, a introdução de modelos conduzirá, muito provavelmente, a uma aprendizagem mecânica e não contribuirá para o desenvolvimento intelectual dos alunos. Isto porque, como destacado anteriormente, os modelos são, por sua natureza, uma forma de manifestação do pensamento teórico.

Foi dito que o modelo, mesmo sendo o produto e o meio do pensamento teórico, reflete o objeto de forma simplificada, limitada. O modelo representa o objeto, mas não na sua totalidade. Assim, por exemplo, em um determinado momento do processo cognitivo, o pensamento avança em relação ao modelo existente na tentativa de explicar a realidade e pode modificá-lo, criando outro.

A tarefa do pensamento teórico consiste precisamente em revelar, na forma de conceitos, as conexões internas do concreto dado, em colocar sua essência em evidência, em reproduzir o concreto com a mediação do pensamento. Sem este procedimento, o concreto é somente um todo caótico. Esta reprodução mental do concreto precisa de abstrações especiais que não são as abstrações empíricas que, como foi dito, estão

destinadas a classificar os objetos. O movimento do pensamento, através do qual o objeto é analisado, decomposto em definições abstratas para logo reproduzi-lo num novo conhecimento concreto, chama-se *elevação do abstrato ao concreto*. Parte-se de abstrações iniciais que têm de refletir as conexões e contradições internas do sistema, em cuja resolução este se converte em desmembrado, e têm de refletir, também, a essência do concreto reproduzido. Não se trata aqui de abstrair qualidades gerais e semelhanças surgidas como resultado da comparação, o que é característico do pensamento empírico, mas de um movimento do concreto-sensorial através do abstrato para o concreto no pensamento, que é uma lei do movimento da cognição teórica. O concreto no pensamento é o conhecimento mais profundo e de maior conteúdo.

Na reprodução mediada do concreto aparece o essencial, o interno como base dos fenômenos. Diferentemente da lógica formal, a lógica dialética diferencia a "essência" do "fenômeno". *"Os fenômenos estão como que na superfície das coisas"* (Dávidov, V. 1988 p.147).

Os fenômenos são observados empiricamente, de um modo direto, enquanto que descobrir a essência é tarefa do pensamento teórico. A essência é a conexão interna, a base genética que determina as outras especificidades do todo. A essência são as ligações internas objetivas que dão ao objeto um caráter concreto.

Por outra parte, o movimento do concreto-sensorial através do abstrato para o concreto no pensamento, e que se realiza na base da prática, compreende métodos como análise e síntese. A abstração pressupõe uma divisão mental do fenômeno ou objeto em suas propriedades, relações, partes, desenvolvimento. Através da análise se separa e depois se estuda a essência do todo, cujo desenvolvimento se reflete na formação do concreto e, a recriação desse concreto no pensamento se realiza através do processo de síntese dentro do qual, por sua vez, se produz permanentemente a análise com a finalidade de obter as abstrações indispensáveis. Desta forma, a cognição não pode avançar somente analisando ou somente sintetizando. A análise precede à síntese, mas a análise só é possível tomando-se como base os resultados do trabalho sintetizador já realizado. Por isso, existe um nexo

necessário entre análise e síntese. Nesse processo se reproduz a essência do objeto estudado e essa é a finalidade do pensamento teórico.

As idéias expostas até aqui a respeito do pensamento empírico, o pensamento teórico e as relações conceituais estabelecidas na discussão dos mesmos nortearão teórica e metodologicamente este trabalho. No ensino de Ciências, o tratamento adequado destas duas dimensões do pensamento adquire o significado de sistematização conceitual.

Foi dito que a diferença fundamental entre os conceitos espontâneos e os conceitos científicos está em que estes fazem parte de um sistema de idéias e que são, geralmente, introduzidos verbalmente pelo professor. Tendo em mente o processo cognitivo do aluno, que reconstrói constantemente as relações conceituais, e pensando na necessidade de se promover na Escola o pensamento teórico, é necessário destacar que a sistematização conceitual significa mais do que contextualizar um conceito dentro de um determinado sistema. Além disso, implica na retomada constante do dito conceito em níveis crescentes de generalização. Nesse sentido, o tema químico Soluções constitui-se em um lugar privilegiado para o tratamento desses aspectos.

A escolha do tema químico recaiu em Soluções, não por considerá-lo mais importante que outros (se bem que o convencimento sincero de cada investigador de que seu problema é o mais importante é parte da paixão sem a qual é difícil, talvez até impossível, trabalhar em Ciência), mas porque, além de sua real importância, apresenta-se como um tema com muitas potencialidades tanto para a pesquisa em Química como em Educação, como será argumentado posteriormente.

IV. ESPECIFICAÇÃO DAS QUESTÕES SOB INVESTIGAÇÃO

Nos marcos da discussão acima exposta, no presente trabalho são investigadas as seguintes questões:

1. A visão dos professores a respeito da relação empírico-teórica no ensino de Soluções.
2. As concepções dos alunos antes e depois do processo de ensino de Soluções.

3. As concepções dos alunos durante o processo de ensino de Soluções.

Para investigar as questões acima mencionadas, três estudos foram realizados.

No primeiro estudo foram entrevistados 10 professores (30% do total) da rede pública da cidade de Campinas-SP.

No segundo estudo foram aplicados testes escritos a alunos do primeiro e do segundo anos do curso técnico de Química de uma escola técnica da mesma cidade.

No terceiro estudo foi aplicado um teste escrito a alunos que estavam começando a ser submetidos ao processo de ensino de Soluções. Foram também observadas as aulas correspondentes e aplicadas entrevistas individuais a uma amostra dos mesmos alunos.

CAPÍTULO I

A IMPORTÂNCIA QUÍMICA E EDUCACIONAL DO CONCEITO SOLUÇÕES

A afirmação de que Soluções configura-se como um tema de importância no ensino de Química, certamente não promove divergências entre educadores químicos, pois a maioria das reações químicas industriais acontece em Soluções; o sangue e a linfa, no nosso organismo, muitos alimentos, materiais de limpeza, remédios e cosméticos que utilizamos na nossa vida diária são Soluções. Também a definição de "Solução como um sistema homogêneo, composto por uma mistura de substâncias no qual cada volume elementar possui composição química e propriedades idênticas" (Fiálkov, 1985), parece não apresentar grandes problemas. Entretanto, as Soluções já foram motivo de muitas discussões na história da Química, discussões que conservam vigência, se o foco de investigação se concentrar nos conceitos relativos ao tema e na importância do tratamento dos mesmos nas salas de aula de Química.

Qual é a natureza do fenômeno da dissolução? Por que, na história da Química, visões diferentes sobre as Soluções tiveram momentos de apogeu para depois cederem lugar a um ponto de vista mais complexo, porém mais completo? O que se deve levar em conta para compreender a dissolução de uma substância em outra, bem como as propriedades da Solução formada? Onde reside a importância de Soluções do ponto de vista do estabelecimento de relações conceituais no ensino e na aprendizagem? Estas são algumas perguntas com as quais o professor de Química do ensino médio poderá se defrontar ao organizar suas aulas sobre Soluções, e que são objeto de discussão neste trabalho.

Da definição anteriormente exposta, pode-se concluir que as Soluções podem ser sólidas, líquidas ou gasosas. Uma liga metálica é uma Solução, o ar é uma Solução. Contudo, como as Soluções líquidas são as mais frequentes na natureza, na indústria, no nosso organismo e no nosso cotidiano, a elas dedicar-se-á atenção específica neste trabalho. Assim, inicialmente, convém analisar, ainda que brevemente, este estado de agregação das substâncias, isto é, o que é um líquido?

Pode-se dizer que os sólidos têm uma estrutura ordenada, enquanto os gases possuem uma total desordem mas, e os líquidos? Dizer que estes ocupam uma situação intermediária, certamente não esclarece muito a questão.

Sabe-se que moléculas de um cristal, de um líquido ou as de um gás, estão em constante movimento, mas o caráter deste movimento está determinantemente vinculado ao estado de agregação em que se encontra a substância. Como apontado por Fiálkov, Yu. (1985):

"As pequeníssimas partículas que formam um cristal não fazem nenhum movimento de translação, somente oscilam com respeito a uma posição de equilíbrio. Num gás ocorre o contrário, as moléculas se movimentam com liberdade. O percurso livre de uma molécula de gás (o valor médio do percurso de uma molécula até a colisão com outra) chega inclusive até 10^{-5} cm. É muito, pois 10^{-5} cm supera mil vezes o diâmetro da molécula. Com efeito, se uma pessoa mora num lugar em que um vizinho está separado do outro por uma distância de um e meio ou até dois quilômetros, de forma nenhuma pode-se chamar esse território de super-povoado. Mas, no líquido, as moléculas podem dar somente um "passo", ou seja, podem percorrer uma distância igual ao diâmetro de uma molécula (10^{-8} cm). Isto já se parece mais a uma multidão". (Fiálkov, Yu. 1985, p. 13). (Tradução nossa).

Ao longo da história várias idéias a respeito dos líquidos foram formuladas. Considerou-se, por exemplo, um líquido quase como um cristal pois, a energia de interação entre as partículas é da ordem da energia de ação mútua entre as partículas dos cristais, enquanto supera consideravelmente a energia de interação das mesmas nos gases. Considerou-se também que os líquidos não têm nenhuma relação com os cristais mas, sim, com os gases, pois suas partículas se movimentam quase da mesma forma caótica que nos gases. Além do mais, a uma temperatura alta (própria para cada substância) chamada crítica, desaparece, por completo, a diferença entre o gás e o líquido.

Sabe-se que num cristal de cloreto de sódio, por exemplo, a estrutura é muito simples e, ao mesmo tempo, muito rigorosa, pois cada íon está rodeado por seis vizinhos. Ao redor de cada cátion sódio encontram-se seis, e somente seis, ânions cloreto, bem como ao redor de cada um destes há seis, e somente seis, cátions sódio. Em outros cristais, o número de vizinhos permanentes poderá ser diferente mas, é importante saber que em cada cristal, este número é constante, o que não é possível se dizer para o caso de um gás.

O que acontece em um líquido é que, assim como no sólido, o número de vizinhos não é muito grande (não ultrapassa dez) mas, em um momento, a molécula pode estar rodeada por cinco e, em outro momento por sete, ou seja, o número destes vizinhos varia.

As investigações de dispersão dos raios X mostraram que os líquidos têm elementos de estrutura cristalina e, nesse sentido, são uma formação intermediária entre os cristais e os gases.

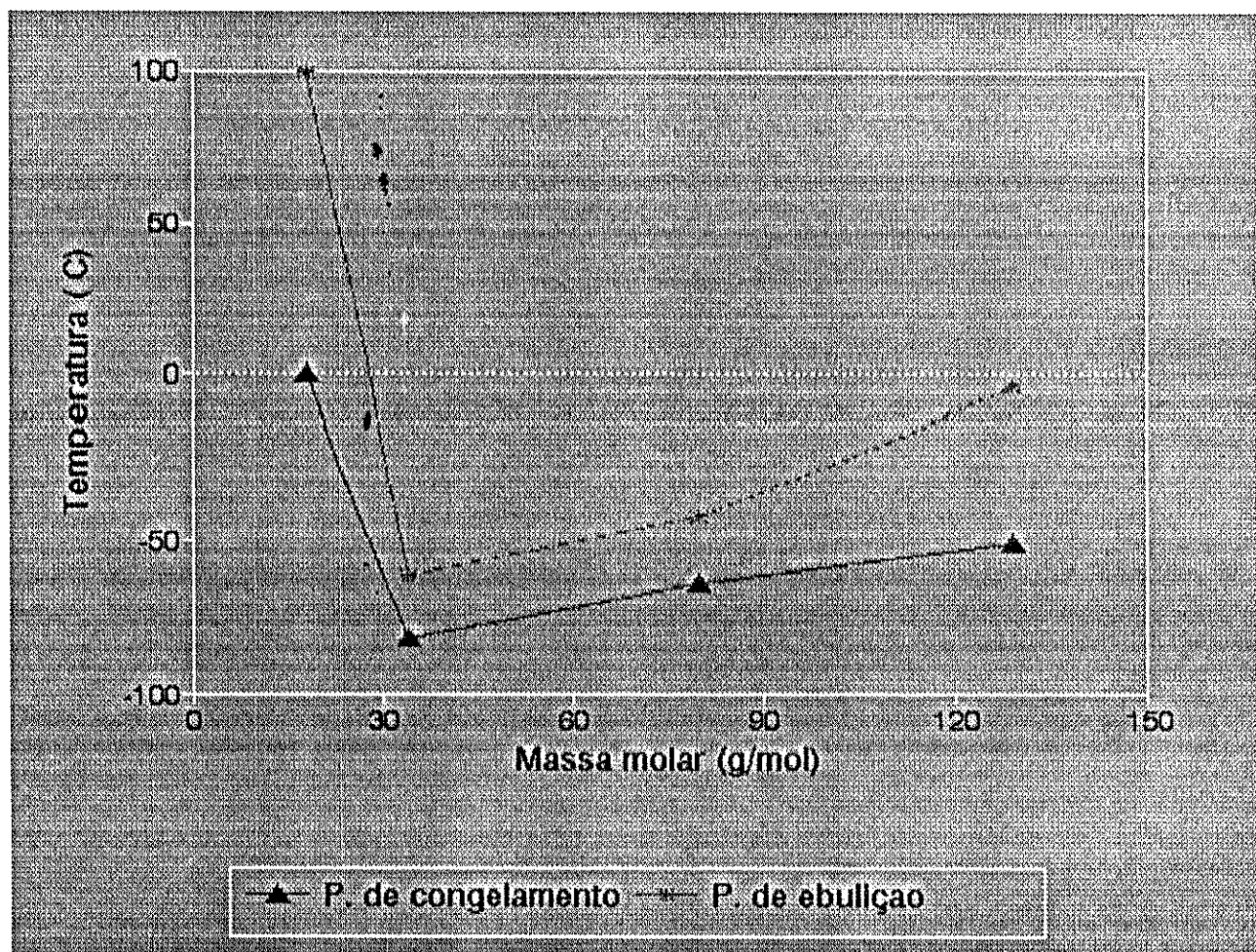
"Os experimentos em que os líquidos dispersaram os raios X mostraram que não há regularidades tão precisas como nos cristais (nos gases não se observa nenhuma regularidade), mas, que aquelas são suficientemente precisas para indicar uma organização na estrutura dos líquidos. As curvas de dispersão dos raios X monocromáticos do argônio líquido repetem em forma difusa as curvas de dispersão do argônio sólido. É necessário recordar a diferença essencial entre um líquido e um cristal, que consiste em que a estrutura assinalada de um líquido tem um caráter estatístico; como consequência do movimento caótico das moléculas, as distâncias entre elas variam e se substituem umas às outras nas posições escolhidas".
(Guerásimov et al, 1980, p. 167). (Tradução nossa).

Existem algumas propriedades que são inerentes somente aos líquidos, tais como: eles escoam prontamente porque suas moléculas não estão imobilizadas numa estrutura rígida; difundem-se mais lentamente que os gases pois o movimento de suas moléculas é impedido por outras, apresentam tensão superficial (pelo fato de suas moléculas superficiais serem atraídas por outras no interior do líquido). E entre todos os líquidos, há um que merece especial importância: a água, tanto que ela é considerada como o solvente universal, pois constitui a grande parte das Soluções líquidas, que, no caso, são denominadas Soluções aquosas.

A água apresenta pontos de ebulição e de fusão que estão muito longe dos que se poderiam prever frente à extrapolação dos dados relativos aos compostos binários de hidrogênio dos elementos do grupo VI A da classificação periódica dos elementos químicos, conforme evidenciados no gráfico 1, representativo dos pontos de ebulição e fusão desses compostos.

A análise do gráfico evidencia que as temperaturas de ebulição e de fusão previstas para a água seriam, respectivamente, de -70°C e -90°C . Entretanto sabe-se que a água, à pressão atmosférica, ferve a 100°C e congela a 0°C .

GRÁFICO 1: Pontos de ebulição e fusão dos hidretos dos elementos do grupo VI A



Também era previsto que o gelo fosse mais denso que a água, mas sabe-se que o gelo flutua na água.

Uma das propriedades mais notáveis da água é a sua capacidade calorífica que é responsável, entre outras coisas, pelas singularidades climáticas do planeta. Se para aquecer em um grau um grama de mercúrio, ácido sulfúrico e álcool etílico, consomem-se respectivamente, 0,1J, 1J e pouco mais de 2J, para a água são necessários 4,2J. É por este motivo que a água é um excelente regulador climático.

O calor latente de vaporização da água também é superior ao da maioria dos líquidos. Para que um grama de mercúrio, benzeno e álcool etílico formem vapor são necessários, respectivamente, 290J, 390J e 850J, enquanto que para a água são necessários 2260J. Por isto, também é que a água atua como regulador climático pois, caso contrário, a água dos rios e dos mares se evaporaria e na superfície da terra ter-se-ia uma atmosfera densa de vapores de água. Semelhantemente, constata-se a mesma distorção com o calor latente de fusão da água, o qual supera, em muitas vezes os dos outros líquidos.

Além disso, a tensão superficial, que é característica dos líquidos, configura-se como uma outra anomalia com relação à água. Se para a maioria dos líquidos a tensão superficial é de 20×10^{-3} N/m a 30×10^{-3} N/m, para a água é de 73×10^{-3} N/m. Esta característica da água permite, por exemplo, a elevação capilar da mesma nas plantas.

A permeabilidade dielétrica, ou seja, a grandeza que determina o número de vezes que a energia de interação entre as cargas num líquido é menor que no vácuo, e que para a maioria dos líquidos varia num intervalo de 2 a 10, para a água é igual a 78. Isto será de fundamental importância para a existência de íons solvatados nas Soluções aquosas.

Como explicar todas estas irregularidades da água? Certamente reportando-se à estrutura de sua molécula.

A molécula de água está formada por um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio. A hibridação sp^3 do átomo de oxigênio pela qual quatro orbitais híbridos estão orientados simetricamente no espaço configurando um tetraedro imaginário, faria prever na molécula de água a existência de ângulos de $109^{\circ}28'$. Entretanto, dados experimentais mostram que o ângulo entre as ligações O-H na molécula de água é de $104,5^{\circ}$. Esta alteração deve-se ao fato de que na molécula de água dois dos quatro orbitais sp^3 estão "ocupados" por dois pares de elétrons não-ligantes. A repulsão entre estes dois pares de elétrons não-ligantes determina o desvio do ângulo na molécula de água. A existência, na molécula de água, de dois átomos com grande diferença de eletronegatividade confere a ela um caráter dipolar. O momento dipolar da água é quase duas vezes maior que o do H_2S , seu "vizinho" mais próximo pela tabela periódica dos elementos químicos. Esta polaridade das moléculas de água conduz a uma atração recíproca entre elas que as leva a formar uma

rede com certo grau de complexidade. Esta rede é formada pelas chamadas ligações de hidrogênio.

As ligações de hidrogênio são uma espécie forte de atração dipolo-dipolo em que um átomo de hidrogênio serve de ponte entre dois átomos eletronegativos, ligando-se a um deles por uma ligação covalente e, ao outro, por forças puramente eletrostáticas. Entretanto, no caso da água, o hidrogênio está ligado a um átomo altamente eletronegativo, o oxigênio. Por sua vez, o átomo de hidrogênio tem uma particularidade que o diferencia do resto dos átomos representativos dos elementos químicos. Todos aqueles átomos que, no curso das reações químicas cedem elétrons, conservam, ao final, certa quantidade dos mesmos. Por exemplo, o lítio, depois de ceder um elétron, ainda possui dois; o sódio, ao perder também um elétron, fica com dez. Em outras palavras, isto significa que qualquer elemento químico, ao formar uma ligação, retém maior ou menor número de elétrons. Isto é válido para qualquer elemento, exceto o hidrogênio, porque este possui somente um elétron. Assim, por estar ligado ao átomo de oxigênio (que é muito eletronegativo) ainda que através de uma ligação covalente, o átomo de hidrogênio fica praticamente privado da sua carga eletrônica, originando, por isso, o que se denomina cátion hidrogênio (H^+), isto é, um núcleo desprovido de elétrons, um próton.

Na medida que as dimensões do núcleo atômico são aproximadamente 100.000 vezes menores que as do átomo, isto implica que as dimensões do cátion de hidrogênio são insignificantes se comparadas com as de outros cátions monovalentes. Todavia, isto significa que o campo eletrostático criado pelo próton hidrogênio é muitas vezes mais intenso que o criado pelos outros cátions monovalentes sendo que, justamente por isto, é que ao se unir ao oxigênio para formar a molécula de água conserva, ainda, a capacidade de interagir, isto é de estabelecer ligações de hidrogênio. Estas têm uma energia de aproximadamente 21-25 KJ/mol, sendo, portanto, ligações muito mais débeis que as ligações covalentes entre o átomo de hidrogênio e o de oxigênio (210-240 KJ/mol). São, contudo, muito mais fortes do que outras atrações dipolo-dipolo, constituindo, por isso, o fator básico que explica a ligação estreita entre as moléculas de água, e, por sua vez, a enorme pressão interna no líquido, da ordem de 2×10^9 Pa.

Para que as ligações de hidrogênio se estabeleçam, os átomos eletronegativos devem ser o flúor, o oxigênio, o nitrogênio ou o cloro. Somente o hidrogênio ligado a um destes quatro elementos é suficientemente positivo para criar esta atração adicional. Esta é a causa pela qual, apesar das semelhanças das suas fórmulas, nos compostos de hidrogênio dos demais elementos do grupo VI A - H_2S , H_2Se e H_2Te - a ligação de hidrogênio está ausente, enquanto a presença desta atração na água determina que os seus pontos de ebulição e fusão sejam desmesuradamente altos em comparação com os dos compostos do grupo VI A, como evidenciado no gráfico 1.

As ligações de hidrogênio explicam, por sua vez, a grande capacidade calorífica da água e os seus altos calores latentes de vaporização e de fusão, bem como a sua elevada tensão superficial.

As especificidades e anomalias da água explicadas até agora irão determinar, por sua vez, muitas das características das Soluções aquosas, cujo estudo torna necessário que se reporte ao fenômeno da dissolução.

Antes de se tratar tal fenômeno é importante fazer alguns comentários. A análise e a explicação das anomalias da água, entre elas, por exemplo, os seus pontos de ebulição e congelamento, assim como as explicações das características das substâncias em seus diferentes estados de agregação, constituem-se num lugar apropriado para retomar - já reportando-se a um objeto de conhecimento específico - a discussão exposta na Introdução deste trabalho. Em tal Introdução foi dito (página 20) que o pensamento empírico tem amplas possibilidades cognitivas, que assegura um amplo campo de conhecimento. Foi dito também (página 21) que a observação empírica pode dar um todo caótico pois não capta o que é fundamental, a essência, as conexões internas.

O gráfico 1, construído com os dados obtidos da medição experimental dos pontos de ebulição e congelamento dos compostos hidrogenados do grupo VI A da classificação periódica, mostra algo "inesperado" em relação à água, e não há como explicar essa irregularidade dentro dos marcos da observação empírica. O acúmulo de conhecimento adquirido pelo homem leva a que se recorra ao estudo da estrutura da molécula de água. Isto é, parte-se de um concreto dado - que não revela a essência em todas suas conexões -

num procedimento através do qual o homem focaliza a compreensão da coisa por via da análise, ou seja, um procedimento teórico. A molécula de água isolada é uma entidade inexistente na substância água. No próprio conceito de substância está implícita a existência de um aglomerado e não de moléculas isoladas. Neste processo de análise, ao se tomar para o estudo a molécula de água, se está realizando um processo de abstração. Quer dizer, toma-se essa entidade isoladamente e, valendo-se da utilização de modelos, explica-se sua estrutura interna e sua relação com outras moléculas. Neste processo, opera-se num nível puramente conceitual onde os dados sensoriais estão sempre presentes na mente do sujeito do conhecimento. Isto porque o fenômeno indica a essência e, ao mesmo tempo, a esconde. A essência é mediata ao fenômeno. O "inesperado" no gráfico 1 indica que o fenômeno revela a essência, mas ainda não capta a relação entre aquele e esta. Essa relação, esse fundamento, deve ser descoberto mediante uma atividade especial chamada Ciência. No dizer de Marx: *"Toda ciência seria supérflua se a forma fenomênica e a essência coincidissem diretamente"*. (Marx, K. in Kosik, 1989).

Como é possível se observar, o estudo da água no nível macroscópico, decorrente da observação empírica, fornece um conhecimento muito limitado do objeto. Urge recorrer ao nível microscópico, no qual, como já foi dito, opera-se fundamentalmente com conceitos científicos.

Pensando na situação de sala de aula, conclui-se que a maioria dos conceitos utilizados para a explicação das anomalias da água, serão introduzidos verbalmente pelo professor, que estes conceitos não estarão apoiados em imagens cotidianas e que, sendo assim, corre-se o risco de que o aprendizado se transforme num verbalismo sem sentido. Neste momento, a organização sistemática dos conceitos e a ação do professor adquirem fundamental importância para o aprendizado dos alunos.

Sendo assim, é possível afirmar que se o ensino conseguir que os alunos analisem e compreendam os fatos, - neste caso as anomalias da água - por via da análise das condições de sua origem e desenvolvimento, estará propiciando, então, a promoção do pensamento teórico nos alunos.

Estes comentários são válidos também, para discussões posteriores que, neste capítulo tratarão das Soluções. Como também já foi observado no começo deste capítulo, as Soluções estão presentes em todos os momentos da vida cotidiana mas, a análise da suas formações, das suas constituições, dos seus movimentos internos se dá num nível em que só a Escola pode trabalhar. Se esta limitar sua ação à promoção do pensamento empírico dos alunos, estará contribuindo para a formação de uma atitude utilitária frente à realidade e muito pouco para desenvolver o pensamento teórico deles.

A respeito da natureza do fenômeno da dissolução, várias idéias diferentes foram propostas ao longo da história da Química. O químico russo D. I. Mendeléiev, por exemplo, mantinha o ponto de vista de que a dissolução era um fenômeno químico, exceto no caso de misturas de líquidos da mesma natureza como, por exemplo, os hidrocarbonetos. Outro ponto de vista sobre o processo da dissolução era desenvolvido por V.F. Alexéiev, que expôs em 1880, a idéia de que a dissolução era resultado sumário do movimento molecular e da coesão mútua entre as moléculas. Antes disso, ainda em 1833, Faraday tinha estudado a relação entre a condutividade elétrica e a decomposição das substâncias em Solução. Em 1884, Arrhenius publicou sua tese de doutoramento "Pesquisa sobre a condutividade elétrica dos eletrólitos" onde formulou uma série de hipóteses que seriam, posteriormente, as bases da teoria da dissociação eletrolítica enunciada. Na década de 80 do século passado, os êxitos nos estudos das Soluções diluídas realizados por Van't Hoff, Arrhenius e Ostwald fizeram com que a teoria física das Soluções, relacionada à idéia de uma substância dissolvida como um gás que se expande em um solvente inerte, tivesse um notável desenvolvimento. Foi criada a primeira teoria quantitativa das Soluções. Mas logo descobriu-se que a teoria quantitativa de Van't Hoff-Arrhenius era válida somente para Soluções muito diluídas. Vários fatos indicavam a interação dos componentes da Solução. Surgiu, então, a necessidade de se considerar o componente químico associado à dissolução.

Posteriormente, Mendeléiev reconheceu o papel importante do aspecto físico na formação das Soluções, mas pronunciou-se contra a posição extrema, puramente física da natureza das Soluções, escrevendo:

"Ambos aspectos da dissolução (o físico e o químico) e as hipóteses que têm se aplicado até agora no estudo das Soluções, apesar de terem, em parte, pontos de partida diferentes, com o tempo conduzirão certamente a uma teoria geral das Soluções, porque umas mesmas leis gerais regem, tanto os fenômenos químicos como os físicos, já que só das propriedades e dos movimentos dos átomos que determinam as interações químicas, dependem as propriedades e os movimentos das partículas, compostas de átomos e determinantes das relações físicas". (Mendeléiev, D.I. citado em Guerásimov et al, 1980)

Atualmente, os dois pontos de vista cederam lugar ao reconhecimento de ambos os fatores e à impossibilidade de contrapô-los. O desenvolvimento do estudo das interações moleculares e a aplicação dos métodos da física estatística permitiram avançar na compreensão das Soluções.

"Entretanto, a complexidade e a variedade das leis que abarcam as propriedades das Soluções de diferentes substâncias, fazem da teoria das Soluções o problema mais difícil da física molecular e da teoria das ligações químicas. Uma teoria geral quantitativa das Soluções ainda não existe, só se têm teorias particulares, que se desenvolvem exitosamente das Soluções de substâncias não polares, com moléculas cuja simetria de campo de força está perto da esférica, ou de Soluções diluídas de eletrólitos". (Guerásimov et al, 1980, pag.172).

Esta citação conduz, novamente, a uma reflexão sobre a relação das dimensões empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem. Se *as leis que abarcam as propriedades das Soluções de diferentes substâncias fazem da teoria das Soluções o problema mais difícil da física molecular e da teoria das ligações químicas*, o estudo das Soluções em sala de aula exigirá, certamente, um tratamento que está além das observações empíricas, que depende da utilização de modelos e, conseqüentemente, que demandará do professor muito mais do que promover um conflito cognitivo e sim uma ação de comando, organização e sistematização do conhecimento.

I.1 A TEORIA FÍSICA DAS SOLUÇÕES

Sabe-se que por cima de qualquer líquido, há obrigatoriamente uma fase gasosa e que, ao manter-se fechado o recipiente onde se encontra o líquido, após algum tempo se estabelecerá o equilíbrio entre este e sua fase gasosa. O estabelecimento deste equilíbrio

significa que serão estritamente iguais as quantidades de líquido que se transforma em vapor e de vapor que se transforma em líquido. Este vapor, chamado de saturado, exercerá sobre as paredes do recipiente e sobre o próprio líquido uma certa pressão, que será maior dependendo da quantidade de líquido que se encontra em estado de vapor; isto quer dizer que quanto mais alta a temperatura, mais alta será a pressão de vapor saturado.

No caso de uma Solução, esta relação entre o líquido e seus vapores saturados é explicada pela conhecida lei de Raoult, segundo a qual a pressão do vapor saturado sobre uma Solução é igual ao produto da pressão do vapor saturado sobre o solvente pela fração molar do solvente:

$$p = p_0 x_2$$

como $x_2 < 1$, $p < p_0$, o que significa que a pressão do vapor saturado sobre a Solução é inferior à pressão do vapor saturado sobre o solvente puro. Se a pressão do vapor saturado sobre a Solução é inferior à do vapor saturado sobre o solvente puro, então a Solução sempre ferve a uma temperatura mais alta que o solvente.

A lei de Raoult permite estabelecer a dependência quantitativa entre o ponto de ebulição da Solução e sua concentração. Denominando a diferença entre a temperatura de ebulição da Solução e a temperatura de ebulição do solvente puro como ΔT_e , tem-se:

$$\Delta T_e = K_e W$$

onde W é a concentração molal da Solução.(1). Em outras palavras, a elevação do ponto de ebulição de uma Solução é diretamente proporcional à concentração molal do soluto, ou seja, quanto maior a concentração do soluto, maior a temperatura de ebulição da Solução. O fator de proporcionalidade K_e , denomina-se constante ebullioscópica. Cada solvente caracteriza-se por sua própria constante ebullioscópica.

É interessante observar-se que o aumento da temperatura de ebulição da Solução não depende da natureza do soluto, o que significa, por exemplo, que se em 1.000g de água dissolve-se um mol de glicose (180g) e, num segundo caso, um mol de uréia (60g), ambas

(1) Atualmente não se utiliza a concentração molal para a representação da concentração de uma Solução, mas gramas/litro. Entretanto, considerando que no texto se dá uma explicação histórica do desenvolvimento do conceito Solução e os conceitos a ele relacionados, é mantida a antiga nomenclatura.

Soluções ferverão a $100,53^{\circ}\text{C}$ (temperatura de ebulição do solvente puro, no caso da água 100°C , mais $0,53$, que é a constante ebulioscópica da água):

$$\begin{aligned}\Delta t_e &= t - t_0 \\ \Delta t_e &= K_e W \quad (\text{para } W=1) \\ t &= t_e + t_0 \\ t &= K_e + t_0 \\ t &= 0,53 + 100 = 100,53 \text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Seguindo raciocínio semelhante pode-se chegar à relação entre concentração (molal) de uma Solução e o ponto de congelamento da mesma que, como se sabe, sempre é menor que o ponto de congelamento do solvente puro, porquanto a pressão do vapor do solvente sobre a Solução é sempre menor que a pressão do vapor sobre o líquido puro à mesma temperatura. Neste caso, o fator de proporcionalidade chama-se constante crioscópica, e representa a redução da temperatura a que congela a Solução monomolal.

A grande importância da aplicação das equações que determinam as temperaturas de ebulição e congelamento foi a determinação das massas molares. Geralmente considera-se a equação crioscópica, mas, em princípio, poder-se-ia utilizar a equação ebulioscópica.

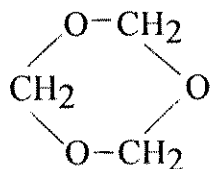
Antes que a espectroscopia de massa resolvesse para o investigador o problema da determinação das massas molares das substâncias, a crioscopia foi o método para a realização desta tarefa. Como se determinava a massa molar de uma substância nova? Logicamente, o investigador sempre tem uma idéia aproximada da composição da substância que sintetizou e, com algumas reações químicas, ele pode estabelecer que, por exemplo, o carbono, o hidrogênio e o oxigênio formam parte desse novo composto sintetizado. Posteriormente, através de análises quantitativas, pode determinar que na composição do dito composto entram 40% de carbono, 6,7% de hidrogênio e 53,3% de oxigênio, de onde conclui que a relação entre esses elementos é 1:2:1. Esta proporção pode corresponder, entre outros, tanto ao formaldeído, como ao ácido acético ou à glicose. É neste momento que o investigador se valeria da crioscopia como método para determinar a massa molar.

$$\Delta T_c = K_c W \quad \text{ou} \quad \Delta T_c = K_c \cdot 1.000 \frac{m_1}{m_2 \cdot M_1}$$

Continuando, pesa-se, por exemplo, 50g da substância obtida, dissolve-se em 1000g de água e determina-se a temperatura de congelamento da Solução. Supondo que a Solução congelou a $-1,02^{\circ}\text{C}$ e, considerando que a água congela a 0°C , tem-se $\Delta T_c = 1,02$. Com estes dados já é possível se calcular a massa molar do novo composto:

$$M_1 = 1,84 \frac{50}{1,02} = 90$$

A fórmula molecular é $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ e a correspondente fórmula estrutural é



O composto chama-se trioxano.

É possível se imaginar a importância que teve a crioscopia no final do século passado, tanto que:

"O cientista sueco Arrhenius, que foi um daqueles investigadores graças aos quais a crioscopia entrou no arsenal dos métodos físico-químicos de investigação, escreveu com orgulho legítimo e compreensível: Na Europa chegou de novo a era glacial..." (Fiálkov, Yu. 1985, pag.48).

É importante destacar que as propriedades até agora descritas a partir da lei de Raoult somente são válidas para as chamadas Soluções ideais ou perfeitas, quer dizer, Soluções extremamente diluídas de solutos não voláteis e não iônicos, Soluções cujos vapores saturados se comportam como um gás ideal. Poucas Soluções cumprem este requisito. Se numa Solução, as moléculas de diferentes tipos se atraem mutuamente com menor força que as do mesmo tipo, isto facilitará a passagem da molécula da fase líquida à gasosa. Por outro lado, a intensificação da atração mútua de moléculas diferentes na Solução, em função da ocorrência de solvatação, formação de ligações de hidrogênio, formação de um composto químico, dificultará a passagem das moléculas à fase gasosa. Em ambos os casos, observam-se desvios da lei de Raoult.

Reportando-nos novamente à sala de aula e, considerando que a lei de Raoult é ensinada nas escolas, convém fazermos algumas considerações a respeito. Como foi dito,

esta lei aplica-se às Soluções altamente diluídas de solutos não voláteis e não iônicos, isto é, ela não se aplica para a grande maioria das Soluções. Isto não significa que ela não seja importante, dada a sua contribuição para a compreensão das Soluções. Porém, quando se trata de organizar o ensino, o professor tem de considerar esta limitação do conhecimento e levar essa discussão aos alunos. Observa-se, com frequência, uma certa tendência no ensino de querer demonstrar que na Ciência tudo funciona perfeitamente, que para tudo há uma explicação, o que não é verdade. Na Química por exemplo, quando se ensina alguma reação química, o professor se abstém de considerar que simultaneamente a esta acontece alguma outra reação, ou que, aquela reação que está sendo considerada ocorre minoritariamente no processo. No momento de realizar a prática os resultados podem não ser os esperados, e então os alunos sentem-se decepcionados e o professor muitas vezes também. No caso das Soluções, levar para sala de aula uma reflexão cuidadosa sobre a discussão histórica a respeito da dissolução, sobre as limitações das leis que são aplicadas constituir-se-ia num ótimo exemplo do complicado processo de conhecimento humano, bem como da sua provisoriedade.

Retomando a Química das Soluções, os fenômenos até agora descritos - abaixamento da pressão máxima de vapor, elevação da temperatura de ebulição e abaixamento da temperatura de congelamento de uma Solução - referem-se a estados de equilíbrio da Solução com outras fases (vapor, substância sólida). O equilíbrio se realiza com igualdade das temperaturas e pressões em todas as partes de todas as fases que compõem o sistema e com a constância da composição em todos os setores de uma fase. A condição necessária para esse equilíbrio ser alcançado é a possibilidade do livre deslocamento de todos os componentes, de um lugar a outro dentro de uma mesma fase ou de uma fase a outra.

Outro quadro observa-se nos casos em que algumas partes do sistema estão separadas por membranas impermeáveis para uns componentes (por exemplo para a substância dissolvida) e permeáveis para outros componentes (por exemplo o solvente). Considere-se a figura 1 correspondente a um osmômetro simples. Se em um recipiente 1, fechado por baixo por uma membrana semipermeável, no qual se encontra uma Solução aquosa de certa substância, é colocado um outro recipiente 2 com água, a água passará do recipiente

2 para o recipiente 1. Esta passagem espontânea da água (ou de um solvente qualquer) através da membrana semipermeável para a Solução, chama-se osmose e a força (por unidade de superfície), que faz passar o solvente através da membrana semipermeável para a Solução (que se encontra à mesma pressão exterior) chama-se pressão osmótica.

Como consequência da osmose, o nível da Solução no recipiente 1 eleva-se, criando uma pressão suplementar que interrompe o processo de osmose. Numa certa altura h da coluna líquida no recipiente 1, a pressão suplementar alcança um valor tal que a osmose para, o que significa que se estabelece um equilíbrio entre a Solução e o solvente puro, separados por uma membrana semipermeável. Aumentando-se a pressão de fora no recipiente 1, é possível se forçar a passagem da água do recipiente 1 para o recipiente 2. Neste caso, a concentração da Solução no recipiente 1 aumentará até ser atingido o valor que corresponda ao aumento da pressão; estabelece-se, assim, um novo equilíbrio entre a Solução e o solvente. Desta forma, a um equilíbrio entre uma Solução de certa concentração e um solvente puro, separados por uma membrana semipermeável, corresponde uma determinada pressão hidrostática no recipiente com Solução. Esta pressão é igual à osmótica e se diferencia desta somente por ter sinal contrário. Como o que é medido é a pressão hidrostática, pode-se definir a pressão osmótica, como a pressão suplementar que é necessário se aplicar à Solução para impedir a entrada do solvente na mesma através da membrana semipermeável.

Pfeffer, nos idos de 1877, utilizando um osmômetro de $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$, mediu a pressão osmótica de Soluções aquosas de açúcar de cana. Baseando-se nos dados de Pfeffer, Van't Hoff demonstrou em 1888 que, em Soluções diluídas, a pressão osmótica em função da concentração da Solução coincide na forma com a lei de Boyle-Mariotte para os gases ideais. Isto foi confirmado mais adequadamente em investigações posteriores, já que as pressões osmóticas em Soluções concentradas sobrepassavam, em muito, as pressões dos gases ideais. Van't Hoff praticamente criou uma ponte entre a teoria molecular dos gases e a teoria molecular das Soluções.

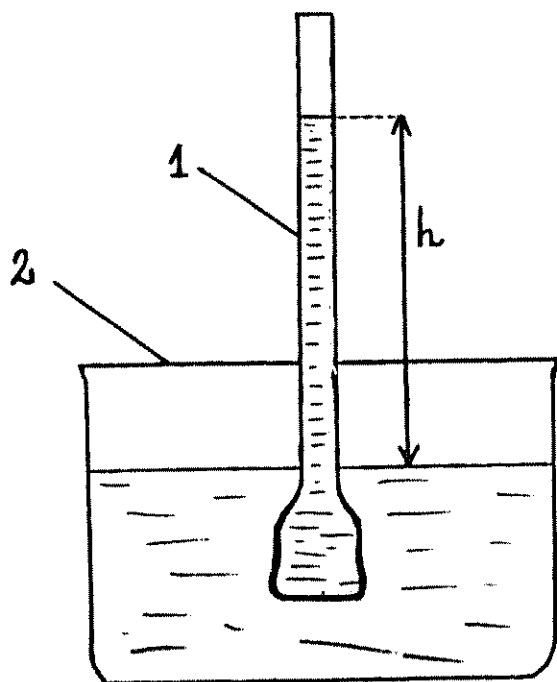


FIGURA 1: Osmômetro simples.

Todas as deduções descritas até agora, e que são muito importantes, uma vez que significaram um grande avanço tanto no esclarecimento dos fenômenos relativos às Soluções como no aperfeiçoamento dos métodos físico-químicos de investigação, foram estabelecidas a partir de conceitos físicos da teoria das Soluções. Como se vê, os partidários desta teoria tinham boas e suficientes razões para defendê-la. Outro fato que ajudou a fortalecer a idéia de que a dissolução é um processo físico foi, como já se disse, a apresentação dos resultados obtidos por Arrhenius no estudo das Soluções condutoras da corrente elétrica. O enunciado que Arrhenius fez da sua teoria, à luz dos conhecimentos atuais, parece ser até ingênuo de tão evidente: "*Os eletrólitos, ou seja, as substâncias cujas soluções deixam passar a corrente elétrica, durante a dissolução, se decompõem em íons*". A teoria da dissociação eletrolítica de Arrhenius explicou tantos fatos já conhecidos, mas até então incompreensíveis, que seu êxito foi impressionante. Explicaram-se, por exemplo, as diferenças nas propriedades de alguns eletrólitos pelo fato destes se subdividirem em fortes (que se dissociam por completo) e fracos (que se dissociam só parcialmente). Isto

explicou, por sua vez, a conduta crioscópica das Soluções eletrolíticas; o abaixamento da temperatura de congelamento do NaCl que era o dobro do esperado teoricamente, pois o NaCl forma dois íons; no caso do CaCl₂ era três vezes o esperado, pois o CaCl₂ forma três íons. Da mesma forma, eletrólitos fracos, como a Solução de ácido acético, têm um abaixamento maior que o esperado teoricamente, mas não exatamente o dobro, pois o ácido acético em Solução se ioniza só parcialmente.

Arrhenius mostrou experimentalmente que é possível determinar o grau de dissociação dos eletrólitos através da condutividade elétrica dos mesmos, pois quanto maior o grau de dissociação, maior a quantidade de íons e maior a condutividade elétrica (lembrando que se trata de soluções altamente diluídas).

Muitos outros fatos foram explicados pela teoria da dissociação eletrolítica de Arrhenius. Entretanto, esta teoria - como todas as teorias - não explicava tudo, nem predizia tudo.

1.2 A TEORIA QUÍMICA DAS SOLUÇÕES

Dmitri Ivánovitch Mendeléiev foi um adversário da teoria da dissociação eletrolítica. Ele não negou - nem poderia tê-lo feito - a importância das idéias, corroboradas pelos fatos, que Arrhenius expôs. Entretanto, pode-se afirmar que a teoria química de Mendeléiev significou um avanço na compreensão do complexo fenômeno da formação das Soluções.

Segundo a teoria química das Soluções, *"a formação de uma solução é sempre a interação química da substância dissolvida com o dissolvente, e precisamente esta interação dá a energia necessária para desintegrar as moléculas neutras do eletrólito em íons"*. (Fiáldov, 1985, p.62). Esta teoria explicou fatos que dentro da teoria da dissociação eletrolítica permaneciam inexplicáveis.

Tinha sido demonstrado, por exemplo, que na Solução aquosa de NaCl existiam íons, mas o que acontece com o NaCl na água para que esses íons possam se formar? Por que ao se dissolver NaCl na água observa-se um esfriamento do sistema? (é preciso lembrar que em outros casos, observa-se aquecimento do sistema). A energia da rede cristalina do NaCl é de aproximadamente 800 KJ, o que significa que para separar em íons 58,5g do sal é

preciso gastar 800 KJ. *"Em um experimento imaginário, seria, portanto, necessária a força equivalente a 20 automóveis para separar em íons 58,5g de NaCl"*.(Fiálkov, 1985, pp.60-61). Entretanto, a água "consegue" realizar isto sem grandes dificuldades. Mas por que a água "consegue realizar tal proeza"? Evidentemente a energia necessária para superar a atração entre o Na^+ e o Cl^- pode vir somente da água.

Para ilustrar este fato, considere-se que se queira preparar uma Solução a partir de água a uma temperatura de 20°C . Sabe-se que a perda de 4 KJ por litro de água produz o abaixamento da temperatura em 1°C aproximadamente. Não é difícil se calcular que, se a energia consumida durante o processo da dissociação do eletrólito tem origem no movimento térmico da água, a temperatura da Solução obtida teria que descer 200 graus e, deste modo, seria igual a -180°C . Dito de outra maneira: se se colocasse sal na sopa, esta se transformaria instantaneamente num bloco de gelo.

O calor de hidratação do íon Na^+ , ou seja, o calor que se desprende na reação química de interação entre o cátion sódio e as moléculas de água é igual a 425 KJ. Para o Cl^- este calor é igual a 350 KJ, o que dá um total de 775 KJ. Como foi dito, a energia da rede cristalina do NaCl corresponde a 800 KJ. É por isso que ao se dissolver NaCl na água observa-se um certo esfriamento: o sistema cobre o "déficit", "tomando" das moléculas da água aproximadamente a energia dos 25 KJ que faltam.

Analogamente, é possível se explicar o aquecimento observável na formação da Solução de HCl: a energia da ligação entre o hidrogênio e o cloro é igual a 1360 KJ, o calor de hidratação do íon H^+ é de 1100 KJ, o que somado aos 350 KJ do calor de hidratação do Cl^- dá 1450 KJ, superando a energia da ligação entre os átomos de H e de Cl. O calor em excesso é que aquece a Solução no momento da sua formação.

Novamente é possível se constatar que fatos tão conhecidos pelos alunos, como o esfriamento e o aquecimento respectivamente observáveis na formação de Soluções aquosas de NaCl e HCl, só podem ser explicados recorrendo-se a raciocínios teóricos. É verdade que muitos dados podem ser obtidos experimentalmente, através de instrumentos que hoje têm-se transformado numa verdadeira prolongação dos sentidos humanos. Ainda assim, eles fazem parte do mundo microscópico da Química, do que não pode ser

observável em sala de aula, nem tem referência na vida cotidiana. Conseqüentemente, procurar-se promover a aprendizagem de tais raciocínios teóricos através da instauração prévia de conflito cognitivo nos alunos torna-se uma atividade de ensino pouco justificável, na medida em que é pouco provável a existência de antagonismos cognitivos entre aqueles raciocínios teóricos e as possíveis noções prévias dos alunos.

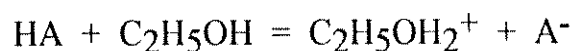
Por isso diz-se na Introdução deste trabalho que, privilegiar a promoção de conflito cognitivo nos alunos pode significar a restrição do processo de aprendizagem a um único procedimento.

Outro tema importante relacionado com Soluções é o das funções químicas. Os alunos que tenham terminado o primeiro ano do ensino médio em muitas escolas brasileiras certamente lembram o capítulo dedicado àquelas funções e, dentro dele, uma definição bastante difundida sobre ácidos segundo Arrhenius: "*Ácidos são compostos que, em Solução aquosa, se ionizam produzindo como íon positivo, apenas o cátion hidrogênio (H^+)*". (Feltre, 1987, pag. 147). Mas será que os ácidos são realmente isso? Já foi dito anteriormente que o cátion H^+ , de cuja produção se fala na mencionada definição, é, na verdade, um próton, ou seja, uma partícula com um raio mínimo que cria um campo eletrostático muito intenso (segundo a lei de Coulomb) e que, conseqüentemente, não pode ter existência autônoma. As moléculas altamente polarizadas da água são atraídas pelo campo criado pelo próton hidrogênio e unem-se a ele, formando o cátion H_3O^+ . Isto quer dizer, então, que a interação com o solvente é uma condição obrigatória para a formação dos íons.

Seguindo a definição anteriormente exposta, para qualquer ácido teríamos:

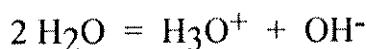


do que se deduz que os ácidos só podem existir em Solução aquosa. Mas o que aconteceria, por exemplo, ao se dissolver HNO_3 em álcool etílico? O próton não pode existir livremente e, também, se agregaria a uma molécula de álcool. Assim, o processo no qual aparecem os íons do HA em Solução poderia ser escrito da seguinte maneira:



do que se pode concluir que não é obrigatório dissolver HNO_3 em água e, por outro lado, não é um cátion hidrogênio que se forma, mas uma partícula muito mais complicada que será diferente de acordo com o solvente utilizado. Das deduções feitas se inferem dois princípios importantes: os ácidos só revelam suas propriedades em Solução, e o papel do solvente se revela na interação química com a molécula do ácido.

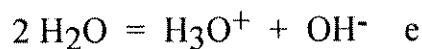
Prosseguindo o raciocínio acerca da interação química entre a substância dissolvida e o solvente, e considerando que a maioria dos solventes, assim como a água, possui a capacidade de auto-ionização (sabe-se que esta na água é mínima), pode-se chegar a outras conclusões sobre os ácidos e as bases. Sabendo que o íon H^+ não existe livremente, a equação de auto-ionização da água se escreve da seguinte maneira:



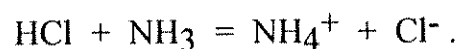
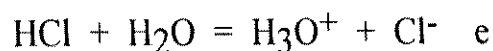
Lembrando a equação da dissociação eletrolítica do ácido



se vê que a dissociação eletrolítica do ácido em Solução aquosa conduz à formação do mesmo cátion que se forma na auto-ionização da água (no caso da base, forma-se um ânion igual ao ânion formado pela auto-ionização da água). Se os ácidos e as bases podem existir não somente em Solução aquosa, e se a auto-ionização acontece para a grande maioria dos solventes, conclui-se que é possível definir ácido como *"uma substância que produz em solução um cátion homônimo ao cátion do solvente e base como uma substância que forma em solução um ânion homônimo ao ânion do solvente"* (Fiálkov, Yu. 1985, pag.71). Exemplificando o que foi dito para a água mas com um solvente que não seja a água, por exemplo, o amoníaco, têm-se para a auto-ionização, as seguintes equações:

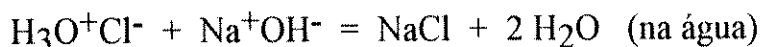


Ao se dissolver cloreto de hidrogênio em ambos os casos, têm-se:



Quer dizer então que o sal NH_4Cl , o cloreto de amônio no amoníaco líquido, é um ácido semelhante ao cloreto de hidrogênio na água. Sendo assim, é possível afirmar-se que para cada solvente corresponde o seu próprio sistema de ácido e de base.

Pensando na reação de neutralização destes dois sistemas, para o cloreto de hidrogênio pode-se utilizar, como é feito com frequência, NaOH e, para o segundo caso, a amida sódica NaNH_2 , o que ficaria representado da seguinte forma:



Da teoria química das Soluções se deduz que as propriedades dos ácidos e das bases só são reveladas na sua interação química, ou seja, o aparecimento dos íons na Solução está vinculado à interação química e, o que é mais importante, cada composto químico pode ser tanto um ácido como uma base. Assim, por exemplo, numa Solução de amoníaco na água, o amoníaco será a base e a água o ácido; numa Solução de CH_3COOH na água, o CH_3COOH será o ácido e a água a base; numa Solução de CH_3COOH absoluto (100%) e HNO_3 também absoluto, o CH_3COOH é a base e o HNO_3 o ácido. Mas, se ao HNO_3 absoluto se acrescentar H_2SO_4 absoluto, o primeiro será a base e o segundo, o ácido. Em princípio, de acordo com a teoria química ácido-base, todo composto é anfótero e ele só revelará as funções ácido-base na interação. Deste modo, as substâncias HCl , H_2SO_4 , HNO_3 etc. puras (absolutas), tomadas separadamente, não são ainda nem ácidos nem bases, mas, simplesmente, HCl , H_2SO_4 , HNO_3 etc. Isto não quer dizer que a definição citada anteriormente, e que é encontrada com muita frequência nos livros didáticos, careça totalmente de fundamento. De fato os ácidos mencionados, na maioria dos casos, são obtidos e, o que é mais importante, são empregados em forma de Solução aquosa, onde a água evidentemente atua como base. Mas por que privar os alunos de uma discussão tão rica a respeito da verdadeira natureza dos fenômenos? Por que não trabalhar com os alunos a idéia de que os fenômenos não acontecem somente de uma forma, mas que na realidade é a multiplicidade de processos que caracteriza a ocorrência de fenômenos naturais? E se a maioria das Soluções são aquosas, se da interação química entre a água e as substâncias nela dissolvidas dependem tantas propriedades das Soluções, não seria pertinente dar-se

atenção ao estudo das características e propriedades químicas da água, tanto nos livros didáticos como nas salas de aula? Além disso, na abordagem do tema Soluções nos livros didáticos não se observa praticamente nada a respeito das interações químicas entre os componentes da Solução no capítulo onde são tratadas as funções químicas. Fala-se da formação de íons na Solução, mas pouco é dito sobre a interação química necessária e obrigatória para a formação desses íons. Mas, supondo que fosse tratada a interação química entre soluto-solvente na Solução, seria isto suficiente para se explicar o aparecimento de íons solvatados?

A respeito do aparecimento de íons solvatados nas Soluções é possível se encontrar, nos livros-textos, a seguinte afirmação: *"Para dissolver compostos iônicos, um solvente deve ter, também, alta constante dielétrica, ou seja, ter propriedades altamente isoladoras para reduzir a atração entre íons de cargas opostas, uma vez solvatados"*. (Morrison e Boyd, 1973, pag.39). Repetidas vezes procurou-se aqui afirmar que os íons numa Solução formam-se como resultado da interação soluto-solvente. Mas é isto suficiente para que estes íons existam livremente? Por que eles não se unem novamente se são de cargas contrárias?

Sabe-se que as cargas contrárias se atraem, e que essa atração pode ser representada pela lei de Coulomb, segundo a qual:

$$E = \frac{e^2 Z_1 Z_2}{r \epsilon} \quad \text{onde}$$

E = energia de interação, Z = cargas dos íons, e = carga do elétron, r = distância entre os íons, ϵ = constante dielétrica ou permeabilidade dielétrica.

Como se observa, a permeabilidade dielétrica é um fator que debilita a energia de interação eletrostática entre íons, pois quanto maior ϵ menor E . É justamente por isso que o amoníaco e o cloreto de hidrogênio interagem tanto na água como no benzeno mas como neste a constante dielétrica é 2,3 enquanto na água é 78,3, na Solução de benzeno não há íons solvatados de amônio nem de cloreto. Como resultado, a Solução aquosa de cloreto de amônio é eletrolítica e a de benzeno não.

Portanto, a permeabilidade dielétrica é outra condição para que se forme uma Solução eletrolítica. E novamente a água se destaca por ter essa capacidade que poucas outras substâncias possuem.

Foi observado por alguns pesquisadores (Cachapuz and Martins, 1988, por exemplo) a idéia comum entre os alunos de que "existe um reagente principal" nas reações químicas, assim como nos sistemas sólido/gás ou sólido/líquido. Este "problema" provém, muito provavelmente, do ensino. No caso específico das soluções, por exemplo, geralmente prioriza-se o soluto ao se tratar das soluções aquosas. Fala-se em solução de glicose em água, solução de cloreto de sódio em água, solução de nitrato de potássio em água etc., mas sempre priorizando o soluto, quando na verdade essas soluções têm, cada uma, um comportamento determinado justamente porque o solvente água assume um papel fundamental.

Outro aspecto importante das Soluções eletrolíticas, e que está relacionado com a interação soluto-solvente, é a capacidade destas Soluções de conduzir corrente elétrica (daí vem sua denominação). Sabe-se que há uma relação entre a condutividade elétrica e a concentração do eletrólito. Ao se começar um experimento de medição da condutividade elétrica de uma Solução diluída, observa-se que, com o aumento da concentração, a condutividade aumenta até um certo ponto e depois diminui, ou seja, a curva do gráfico que representa esta relação tem um máximo. A teoria clássica da dissociação eletrolítica de Arrhenius explicava a existência deste máximo com o argumento de que nas Soluções diluídas os eletrólitos estão totalmente dissociados e, à medida que a concentração aumenta, diminui a dissociação e, conseqüentemente, diminui o número de partículas capazes de participar na condução da corrente. Mas, posteriormente, se esclareceu que no caso do cloreto de sódio e de outros eletrólitos fortes, qualquer que seja a concentração, o eletrólito está totalmente dissociado em íons. Por muitos anos, a teoria das Soluções considerou que as moléculas do soluto comportavam-se em Solução como as moléculas de um gás, ou seja, se movimentavam livremente sem interagir praticamente umas com as outras, e esta idéia não era arbitrária, visto que nela se fundamentavam as investigações das Soluções extremamente diluídas como a crioscopia e a ebulliometria. Mas nem sempre

as Soluções são extremamente diluídas. Na verdade, como já foi mencionado repetidas vezes, na maioria dos casos as Soluções não são muito diluídas.

Os íons numa Solução não podem permanecer sem interagir. Cargas contrárias se atraem e iguais se repelem. Como resultado, os íons adotam uma certa disposição, de forma tal que sua energia potencial seja mínima. Dito em outras palavras, na Solução existe uma estrutura.

"Pelo estudo da dispersão dos raios X estabeleceu-se que a estrutura molecular homogênea da Solução de cloreto de lítio em álcool etílico, com o aumento da concentração, aproxima-se da estrutura do composto sólido $\text{LiCl} \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. O mesmo aconteceu com Soluções de cloreto de lítio em álcool propílico e butílico.

Estruturas complexas, e até agora pouco estudadas, aparecem nas Soluções aquosas de eletrólitos, onde as moléculas de água estão unidas a uma rede frouxa, em cuja estrutura exercem grande influência os íons do eletrólito. Ao redor destes últimos, forma-se uma cobertura mais densa de moléculas de água pela interação dipolo-iônica. Alguns íons podem substituir os dipolos da água na sua estrutura ou cair no vácuo desta estrutura modificando-a em ambos casos com seu campo elétrico. Como mostram os estudos dos espectros da dispersão combinada das soluções, a influência dos íons na estrutura da água é semelhante à da temperatura, quer dizer, a estrutura da água se faz menos resistente e mais amorfa." (Guerásimov et. al., 1980, pag. 167).(Tradução nossa).

Isto certamente explica o fato de que ao dissolver sulfato de cobre anidro (de cor branca) na água, a Solução torna-se imediatamente de cor azulada, a mesma cor dos cristais de sulfato de cobre penta-hidratados. Uma estrutura semelhante à dos cristais estabelece-se na Solução, mesmo que esta seja muito diluída.

Retomando a questão da condutividade elétrica dos eletrólitos, e lembrando que o soluto está totalmente dissociado e seus íons interagem com o solvente, quanto mais alta a concentração, mais densa a camada de íons de carga contrária que se forma em cada íon da Solução e mais difícil torna-se a migração dos íons no sentido do eletrodo correspondente. Esta é a causa que origina a queda da condutividade elétrica com o aumento da concentração.

O estudo da mobilidade dos íons na solução mostra resultados interessantíssimos e aparentemente contraditórios. Se forem tomados como exemplo os íons dos metais

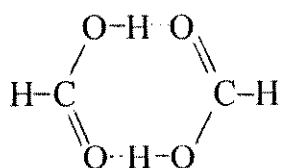
alcalinos, íons de mesma carga mas de tamanhos diferentes - Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ -, é possível supor que a mobilidade do cátion lítio, o menor de todos, será a maior, porque ele, pelo seu tamanho, poderá "atravessar a multidão de moléculas de água" com maior facilidade; o contrário aconteceria com o íon rubídio. Consultando as tabelas de mobilidade iônica observa-se que as mobilidades dos cátions lítio, sódio, potássio e rubídio, tomadas proporcionalmente, são: 1; 1,3; 1,9 e 2 respectivamente. A regularidade é inversa à que se poderia esperar numa primeira observação. A natureza do íon e a interação soluto-solvente é, uma vez mais, a explicação para este fenômeno. Os íons possuem todos a mesma carga, +1, mas o íon lítio, por ser menor, cria um campo eletrostático muito mais intenso e, como consequência, estará rodeado de várias camadas de moléculas de água numa forte interação íon-dipolo. A camada de moléculas de água que rodeia o íon rubídio, cujo raio é maior e cujo campo é menos intenso, será muito mais delgada. Desta forma, os tamanhos reais dos íons dos metais alcalinos em Solução aquosa serão os inversos dos esperados e, conseqüentemente, a mobilidade elétrica também. Este é um exemplo de como a observação empírica e o raciocínio teórico se complementam constantemente no processo de conhecimento e, também, de que a partir do observado sensorialmente, nem sempre é possível chegar-se a uma explicação teoricamente adequada.

Ao se tratar dos líquidos, no começo deste capítulo, viu-se que nos líquidos puros existe ação recíproca entre as moléculas. Nas Soluções, iônicas ou não iônicas, juntamente às interações entre as moléculas de um componente (moléculas homogêneas) devem ser acrescentadas as interações entre as moléculas de distintos componentes (moléculas heterogêneas). Estas interações, na ausência de reações químicas, são do tipo das interações eletrostáticas. Entretanto, variando o meio das moléculas do solvente, a intensidade da interação entre suas moléculas e a intensidade da interação entre as moléculas da substância dissolvida podem variar notavelmente. As interações entre moléculas heterogêneas podem cumprir outras leis que não as das interações entre moléculas homogêneas. Também pode acontecer que as moléculas heterogêneas reajam quimicamente formando compostos estáveis e que geralmente não podem ser extraídos em forma pura (este seria o caso das misturas azeotrópicas). Os sais hidratados com diferentes

quantidades de moléculas de água são outro exemplo destas uniões entre substância dissolvida e solvente.

O caráter das ligações entre as moléculas de um composto, em inúmeros casos, são diferentes. Assim, por exemplo, no complexo trinitrobenzeno-naftalina $C_6H_3(NO_2)_3.C_{10}H_7NH_2$ o dipolo do grupo NO_2 induz o dipolo do núcleo aromático da amina e os dois dipolos se atraem (interação por indução). No mesmo sistema, certamente há também interações de orientação entre os dipolos constantes dos grupos nitro e amina $C_6H_3(NO_2).NH_2.C_{10}H_7$. Naturalmente, a estabilidade deste tipo de compostos é distinta.

As moléculas homogêneas também podem dar dímeros ou polímeros. Em certos casos, tais formações não têm caráter de combinações estatísticas temporais de moléculas e podem ser consideradas como novas moléculas cuja estabilidade, naturalmente, também é diferente. Assim, para o ácido fórmico é característico o dímero:



o qual conserva-se também na fase gasosa.

"As tendências para a associação (união de moléculas homogêneas) e para a solvatação (união de moléculas heterogêneas) competem entre si. Assim, o ácido benzóico em solventes não polares (CCl_4 , C_6H_6) associa-se em forma de dímeros. Já nos solventes onde é possível a ligação de hidrogênio (acetona, fenol) o ácido benzóico forma solvatos, por exemplo, com a seguinte composição:

$C_6H_5-COOH...OC(CH_3)_2$ " (Guerásimov et al, 1980, p.169)

Têm-se visto alguns exemplos que podem parecer uma espécie de contraponto entre a teoria física e a teoria química das Soluções. Na verdade ambas se complementam. No dizer de Gaston Bachelard *"uma nova teoria desenha, desde fora, com uma precisão luminosa, os limites do antigo pensamento"*.(Bachelard, 1981, p.15). A teoria química das Soluções mostrou os limites da teoria física, a criticou e a completou.

Um outro aspecto das Soluções, que chega a ser apaixonante para um químico, é a solubilidade. Da sua importância não há dúvidas, já que a formação de uma Solução está vinculada, em primeiro lugar, à solubilidade de qualquer substância no solvente. Mas o que

é a solubilidade e de que ela depende é algo que os cientistas não podem definir muito bem. Sabe-se que compostos apolares ou fracamente polares são solúveis em solventes apolares ou fracamente polares; os compostos altamente polares são solúveis em solventes altamente polares. Daí a regra empírica de grande utilidade: "*Polar dissolve polar, apolar dissolve apolar*". Mas esta regra não responde às muitas irregularidades existentes na solubilidade das substâncias.

Exemplos de irregularidades existem muitos. Por exemplo, sabe-se que o sulfato de bário dissolve-se muito mal na água, enquanto que o sulfato de magnésio dissolve-se muito bem. O bário e o magnésio são elementos de um mesmo grupo na classificação periódica dos elementos, possuem propriedades semelhantes que se revelam nas propriedades físicas e na maioria das reações químicas, mas não na solubilidade. A solubilidade do carbonato de lítio na água a 70°C é 100 vezes menor que a solubilidade do carbonato de potássio, enquanto o nitrato de lítio e o nitrato de potássio têm uma solubilidade parecida.

Os conceitos teóricos atuais acerca da interação entre os componentes de uma Solução ajudam a esclarecer qualitativamente fatos isolados da solubilidade, mas prognosticar com certeza as grandezas das solubilidades de certa substâncias baseando-se nos dados de outras, ainda é impossível. Na base dos dados experimentais, isto é, curvas da pressão máxima de vapor ou outras propriedades termodinâmicas das Soluções de certas substâncias pode-se calcular a solubilidade de um componente em cada caso particular. Em resumo, a complicada interação entre os fatores que determinam a solubilidade faz com que os resultados práticos muitas vezes contrariem os prognósticos das teorias.

O leitor formado em Química ou mesmo sem ser formado, que tenha conhecimentos químicos, certamente se perguntará o que há de novo em toda esta explanação para merecer fazer parte de um trabalho de doutoramento. A resposta é que não há aqui nada de novo do ponto de vista químico. Os químicos sabem muito bem tudo o que foi dito até agora, faz parte do conteúdo de tantos livros que é praticamente impossível fazer justiça a seus autores enumerando-os. Os químicos sabem também muito do que não foi dito, pois o tema Soluções para ser tratado em sua totalidade mereceria muito mais do que foi exposto aqui. Tudo é, como se costuma dizer, de conhecimento público. A autora certamente

precisa explicar e justificar o porquê da inclusão neste trabalho de todas estas explicações já conhecidas a respeito das Soluções.

Primeiramente, talvez seja preciso lembrar que este trabalho constitui uma pesquisa em Educação e não em Química, mas como foi dito na Introdução, faz parte das certezas da autora a idéia de que em se tratando do Ensino de Química, o objeto de conhecimento é importante, pois é com ele e através dele que, na relação aluno-objeto de conhecimento-professor, os alunos haverão de avançar no seu processo cognitivo no sentido da construção do seu conhecimento. E, como este estudo foi realizado com o desejo de que seus leitores sejam principalmente professores de Química, considerou-se necessário retomar o conceito porque a perspectiva teórica assumida no trabalho requer que as características do objeto de conhecimento sejam historicamente consideradas e sejam postas em relação às estratégias dos participantes do processo cognoscente, o sujeito cognoscente e, sobretudo, o professor. No enfoque dessas relações, considerou-se importante apontar o envolvimento das dimensões empírica e teórica do conhecimento, enquanto implicadas na construção do conceito Soluções.

Foi dito, por exemplo, que o conceito Soluções permeia grande parte do conteúdo químico, de onde se deduz sua importância para o estudo do ensino de Química no ensino médio. Ficou evidente, pelo exposto até aqui, que são inúmeros os conceitos relacionados a Soluções. Falou-se em íons, átomo, ligações químicas, estados de agregação das substâncias, pressão, forças eletrostáticas, solubilidade, ácidos, bases, e outros conceitos já apontados neste capítulo.

Foi dito também que o tema Soluções oferece grandes potencialidades no nível da pesquisa tanto em Educação como em Química. No que diz respeito à Química, há muitas respostas a serem ainda encontradas sobre Soluções. A solubilidade, por exemplo, nem sempre pode ser explicada, não existe ainda uma teoria geral para as Soluções dada a complexidade do fenômeno. E no referente à Educação, o tema Soluções precisa ser mais bem pensado no momento da elaboração de estratégias de ensino, pois ele tem sido ensinado priorizando o aspecto quantitativo, isto é, o ensino tem sido centrado nas diferentes formas de expressar as concentrações das soluções, na classificação das

dispersões, na construção de curvas de solubilidade e na resolução de exercícios. Mas não chegam a ser tratadas, nas salas de aula, a natureza do fenômeno da dissolução e as explicações propostas para tal fenômeno. O estudo da história deste conceito poderia servir não somente para situar o aluno no processo de construção do conhecimento científico como também para a formação do seu pensamento teórico, por cujo desenvolvimento a Escola é responsável. Por ser um tema que inclui tantos outros conceitos químicos e físicos, coloca em evidência a necessidade de uma adequada sistematização como uma forma fundamental de propiciar a ocorrência de uma aprendizagem significativa. E é isto também que este trabalho se propõe investigar e discutir.

Convém ressaltar que, dada a amplitude do tema Soluções, o presente trabalho delimitou o campo de pesquisa basicamente ao fenômeno da dissolução, e aos conceitos a ele relacionados e/ou dele derivados, por considerá-lo importante tanto quimicamente - pois está relacionado com as propriedades das Soluções - como do ponto de vista da aprendizagem - pois é fundamental no estabelecimento de relações conceituais.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Na introdução deste trabalho foram expostas algumas questões acerca das discussões que atualmente se desenvolvem em torno dos princípios teóricos, e conseqüentemente, metodológicos que norteiam as pesquisas em Educação em Ciências. É possível afirmar que vive-se um momento de efervescência dessas discussões. Contudo, não é somente no plano das idéias que se encontrarão as respostas às interrogações dos educadores. O pesquisador tem também, certamente, que se remeter ao lugar onde se dá a ação pedagógica para construir seus dados de pesquisa, ou seja, terá de ir à sala de aula. É justamente ancorado nestes dois suportes: a situação concreta de sala de aula e a explicação teórica que possa ser dada ao que nela ocorre, que este trabalho se propõe analisar o tratamento dado em sala de aula às relações empírico-teóricas no estudo das Soluções e responder às seguintes questões: Se, como foi visto, as Soluções são muito frequentes na vida cotidiana e, ao mesmo tempo, são um tema fundamentalmente escolar, pois a constituição das mesmas assim como seu comportamento e suas propriedades só podem ser explicadas através de conceitos e modelos teóricos, como os professores abordam estes aspectos ao ensinar Soluções e como os alunos os aprendem?, Considerando que Soluções é ensinado no segundo ano do ensino médio, após o estudo dos modelos atômicos, das ligações químicas, dos estados de agregação das substâncias, das funções inorgânicas e das reações químicas, são os alunos capazes de generalizar e utilizar estes conhecimentos na compreensão de Soluções? A metodologia do desenvolvimento da pesquisa, assim como as técnicas de investigação derivam destas interrogações.

Para se configurar uma visão do ensino de Soluções, foi realizado um primeiro estudo cujo objetivo central de análise foram as entrevistas com professores da rede Estadual da cidade de Campinas. Foram entrevistados 10 professores do ensino médio correspondendo a 30% do total de professores das escolas desta cidade, com o intuito de

obter uma descrição dos procedimentos que utilizam no ensino de Soluções, suas opiniões sobre a importância do tema dentro do conteúdo químico, as dificuldades por eles vivenciadas no ensino e na aprendizagem dos alunos.

O objetivo de entrevistar professores determinou a elaboração de um protocolo de entrevista. Este protocolo figura no Anexo I. Alguns critérios foram observados na escolha dos professores a serem entrevistados: que fossem formados em Química e que normalmente ensinem Soluções a seus alunos do ensino médio.

Cinco grandes temas foram recortados nos dados de entrevistas com professor:

- 1) Relação do professor com o livro didático.
- 2) Abordagem qualitativa-quantitativa do tema Soluções.
- 3) Opinião sobre a importância do laboratório e das aulas práticas.
- 4) Opinião de como o tema Soluções contribui à estrutura de conhecimento do aluno.
- 5) Indícios da concepção dos professores sobre a natureza do fenômeno da dissolução.

As entrevistas com professores foram gravadas e de suas transcrições foi feita uma análise de conteúdo em torno dos temas acima mencionados.

Considerando os conceitos químicos que envolvem o tema Soluções, a orientação dada à sua abordagem pelos livros didáticos e pelo ensino e os processos através dos quais supõe-se que o sujeito aprende, considerou-se necessário realizar um segundo estudo, para verificar as idéias dos alunos antes e depois do processo de ensino-aprendizagem de Soluções. Desta forma, para se identificar as pré-concepções dos alunos sobre Soluções, bem como para se verificar como o tema tinha sido aprendido, foram aplicados testes escritos (teste 1) a alunos do primeiro ano do ensino médio (17 alunos) que ainda não tinham passado pelo processo de ensino de Soluções, como também a alunos do segundo ano do segundo grau (34 alunos) que já tinham concluído o estudo do mesmo. O teste foi aplicado em novembro de 1990, logo após os alunos terem realizado a última prova de Química do ano letivo.

O interesse na identificação das pré-concepções dos alunos a respeito de Soluções surgiu tanto da consideração de que elas são importantes para qualquer processo posterior de aprendizagem, como da leitura de trabalhos de outros pesquisadores como Driver (1985), Longden et al (1991) entre outros, que se ocuparam do tema e concluíram que pré-concepções sobre a conservação das substâncias, estados físicos das mesmas, estrutura corpuscular da matéria, influem na compreensão do fenômeno da dissolução. Os estudos de Longden et al.(1991) concluem que os alunos têm mais facilidade de explicar o fenômeno da dissolução no nível microscópico do que através de idéias cotidianas, dado este sem dúvida interessante para ser discutido e verificado. As opiniões de alguns pesquisadores a respeito de como e porquê os alunos caracterizam a natureza dos fenômenos em físico ou químico, (Stavridou H, e Solomonidou C. 1989) também suscitam o interesse na identificação das pré-concepções dos alunos.

O teste 1 foi respondido voluntariamente pelos alunos depois de ter-lhes sido dito que fazia parte de um trabalho que a pesquisadora realizava como doutoranda da UNICAMP e que não seria incluído na avaliação da escola.

O objetivo primordial do teste 1 foi identificar, por um lado, as idéias, acerca de Soluções, por parte de alunos do primeiro ano que tinham estudado noções gerais sobre Soluções na Unidade I. Ao mesmo tempo, considerou-se que estes alunos, ao completarem o programa de Química Geral do primeiro ano teriam adquirido um conjunto de conceitos que os ajudariam na resolução do teste. Por isso, na redação das perguntas não foram evitados termos químicos como por exemplo: sistema homogêneo, fenômeno químico, composto iônico, composto covalente, ligações covalentes e outros. Mesmo sem evitar a utilização destes termos, em duas das seis perguntas, o aluno é solicitado a explicar, com suas próprias palavras, como entende Solução e a explicar o fenômeno da formação de suco a partir da mistura do pó na água. Desta forma pretendia-se obter dos alunos o máximo de informações provindas tanto das idéias espontâneas como do conhecimento adquirido no ensino.

No que diz respeito aos alunos do segundo ano, partiu-se do pressuposto que, tendo completado o programa do primeiro e do segundo anos, estariam em melhores condições

para resolver as questões e suas respostas trariam a possibilidade de se verificar como o processo de ensino de Soluções teria contribuído para o desenvolvimento conceitual deles.

Os conteúdos químicos que foram trabalhados no primeiro e no segundo ano, assim como o teste 1 estão apresentados nos Anexos II e III respectivamente.

As respostas dadas às seis questões do teste 1, tanto para o primeiro como para o segundo ano, foram organizadas em três grupos de acordo com a identificação de padrões gerais de idéias: 1) o que os alunos entendem por Solução, 2) como os alunos entendem o processo da dissolução e 3) quais as diferenças e semelhanças que os alunos vêem entre Solução e substância. Esta última pergunta procurou elucidar se os alunos conseguiam identificar que uma substância e uma Solução são homogêneas macroscopicamente falando, ao mesmo tempo que se diferenciam em suas composições (estritamente definida para a substância e variável para uma Solução). Procurou-se, também, com esta última questão verificar se os alunos viam na constância das propriedades físicas uma característica fundamental das substâncias.

A análise dessas respostas foi feita separadamente para o primeiro e o segundo anos, o que embasou, posteriormente, a elaboração do teste 2 que foi aplicado a alunos de uma classe do segundo ano (36 alunos), na segunda aula do ensino de Soluções em fevereiro de 1991 e que faz parte de um terceiro estudo de análise, agora sobre o processo de ensino-aprendizagem de Soluções. Este terceiro estudo foi composto do mencionado teste 2, de entrevistas realizadas com alunos que tinham respondido a este teste e da análise da observação de sete aulas na classe do segundo ano do ensino médio de uma escola estadual da cidade de Campinas onde foram aplicados os referidos testes e realizadas a mencionadas entrevistas com alunos em momentos diferentes do processo de ensino-aprendizagem.

Com o teste 2 procurou-se identificar basicamente as mesmas idéias que tinham emergido nas respostas ao teste 1, mas considerando que os alunos que responderam ao teste 2 participariam de um estudo mais detalhado, já que uma amostra deles seria entrevistada, houve, na elaboração deste segundo teste, a preocupação de precisar, com mais clareza, as perguntas que os alunos seriam solicitados a responder. Assim por

exemplo, as questões sobre a dissolução do sal e do açúcar na água foram colocadas em separado, visto que pela natureza química dessas substâncias, o fenômeno apresenta diferenças, cuja explicação permite identificar o conhecimento do aluno sobre muitos conceitos químicos como: ligações químicas, estrutura corpuscular da matéria, polaridade das substâncias, entre outros.

O teste 2, da mesma forma que o teste 1, procurou obter dos alunos as concepções que eles tinham sobre dissolução e sobre a natureza da mesma. Na sua elaboração, considerando as respostas dadas ao teste 1, foram introduzidas algumas modificações.

As questões 1 e 4 do teste 1 haviam provocado respostas semelhantes e nas questões 4 e 5 havia a repetição da substância tomada como exemplo. Por isso considerou-se que com as questões 3 e 4 do teste 2 podia-se perguntar sobre todos os conceitos que se procuraram com as questões 1, 4 e 5 do teste 1. Por outro lado, introduziu-se no teste 2, nas questões 3 e 4, a solicitação de desenhos para verificar se os alunos conseguiam representar através deles a idéia da estrutura descontínua da matéria que expressaram com palavras no teste 1.

Por último, decidiu-se eliminar a questão 6 do teste 1 porque ela revelou muito pouco das idéias dos alunos e porque houve, nesta questão, uma alta incidência de respostas em branco.

Desta forma elaborou-se o teste 2 que constou de quatro (4) questões. O anexo IV apresenta o referido teste.

A partir da análise do teste 2 foram realizadas entrevistas individuais com 9 alunos (25% do total de alunos). É necessário esclarecer que a idéia inicial quanto aos dados deste trabalho era a de se aplicar um terceiro teste após concluído o ensino de Soluções. Todavia, visto que em sala de aula - como consta dos registros de observação - praticamente não foi ensinado, ou melhor, deu-se pouca importância ao aspecto que era central neste trabalho - o processo da dissolução - considerou-se que os dados de um terceiro teste não trariam novas informações às anteriormente obtidas nos testes 1 e 2, bem como nas entrevistas individuais com os alunos.

Para se selecionar a amostra de alunos a serem entrevistados, todas as idéias expressas nas respostas às questões do teste 2 foram registradas e, em seguida, ordenadas em termos de suas respectivas frequências. Através da adoção de um critério de proporcionalidade, selecionou-se um maior número de alunos representativos daquelas mais frequentes e um menor número de alunos para as idéias menos frequentes, de tal forma que os 9 alunos selecionados são representativos de todas as noções identificadas no teste 2.

É necessário destacar que por idéias levou-se em conta não somente respostas relativas ao conteúdo químico, mas também a ausência de respostas.

As entrevistas foram realizadas de acordo com um roteiro semi-estruturado. O entrevistador elaborou, após a leitura cuidadosa de cada teste, perguntas específicas para cada aluno. Desta forma, o roteiro da entrevista foi o teste 2, considerando as particularidades das respostas de cada aluno. Os alunos responderam ao entrevistador de posse do seu próprio teste.

Considerando que a explicação sobre o fenômeno da dissolução e sobre a natureza deste fenômeno exige a utilização de pré-requisitos o entrevistador valeu-se de *pistas* para colocar em disponibilidade conceitos que se esperava fossem familiares para os alunos, da mesma forma que, nos teste 1 e 2 não foram evitados termos químicos cujo estudo tinha sido concluído. Como exemplo do que significaram as pistas pode-se citar uma situação de entrevista em que o aluno é solicitado a explicar, no nível microscópico, por que o sal se dissolve na água. Se o aluno não respondia ou dizia não saber, o entrevistador lembrava a ele que o sal é um composto iônico e a água covalente polar, e sugeria que esse fato tinha a haver com a interação de ambos e a dissolução do sal na água.

As entrevistas dos alunos, assim como as dos professores, foram gravadas e a partir de suas transcrições foi feita uma análise de conteúdo em torno de dois grandes grupos de idéias: a interpretação dos alunos sobre o fenômeno da dissolução e sobre a natureza deste fenômeno. Foram analisados também outros conceitos que surgiram e que foram discutidos no transcorrer das entrevistas, pois se configuraram como pré-requisitos para a

compreensão e explicação das idéias citadas anteriormente. Por exemplo: ligação química, estrutura da matéria, estrutura atômica entre outros.

Todas as entrevistas foram realizadas após a segunda aula do ensino de Soluções onde o professor explicou a formação de Soluções iônicas e moleculares. Portanto, a totalidade das entrevistas se deu durante o processo de ensino de Soluções. A primeira entrevista aconteceu no dia 28 de fevereiro de 1991 e a última no dia 19 de março de 1991. O teste 2 tinha sido respondido pelos alunos no dia 7 de fevereiro de 1991.

A escolha de se coletar dados através de testes escritos se deveu ao fato de que, assim, poder-se-ia obter informações de todos os alunos de uma classe. Portanto, configurar-se-ia, desta forma, um quadro amplo da situação. Quanto às entrevistas individuais, elas foram aplicadas por considerá-las um instrumento mais eficaz na obtenção de um maior número de informações, e com mais detalhes, sobre as idéias de um determinado aluno.

CAPÍTULO III

PRIMEIRO ESTUDO

CONCEPÇÕES DE PROFESSORES SOBRE SOLUÇÕES

Considerando os pressupostos teóricos que norteiam este trabalho, que atribuem fundamental importância ao papel do professor na sistematização conceitual, no tratamento da relação macroscópico-microscópico no ensino de Soluções e na sua participação no processo de generalização dos alunos, deu-se especial importância à obtenção destes dados no decorrer das entrevistas.

Como já foi mencionado, todos os professores entrevistados são licenciados em Química. Quanto aos anos de experiência pedagógica, os dados são variados. Assim por exemplo, o professor **P10** tem 1 ano de experiência enquanto o professor **P8** tem 16 anos. A maioria deles ensina Soluções há vários anos, alguns, desde que começaram a trabalhar como professores (no caso do professor **P7** 13 anos).

A carga horária semanal dedicada ao ensino de Química em geral, varia entre 16 e 35 horas aula.

Da análise das entrevistas com professores podem-se observar algumas generalidades e particularidades que configuram algumas tendências gerais sobre os dados de ensino relativos ao tema Soluções.

III.1 SOBRE AS CONSIDERAÇÕES DOS PROFESSORES A RESPEITO DO LIVRO DIDÁTICO

A maioria dos professores - oito, num total de dez - disseram não adotar livro-texto, mas todos declararam utilizá-los para preparar aulas e extrair exercícios. As argumentações para a não adoção de livro texto foram variadas e fizeram emergir outros problemas presentes na prática do professor. A seguir alguns trechos de entrevistas:

P1:

E- Bom, mesmo que você não adote livro, qual opinião você tem de como esse tema é tratado nos livros, em geral...esses livros que você consulta para exercícios...

P1- Olha, eu consultei o Feltre uma vez...achei o Feltre muito confuso, não só nessa parte mas em outros aspectos eu acho que o Feltre é meio confuso, sabe? Ele vai e volta...não sei...não consigo me adaptar ao jeito do Feltre. De todos, o que eu tenho mais usado, inclusive pra mim preparar exercícios, é aquele da...Verá Lúcia Novaes, da Atual Editora. De todos é o que mais eu tenho seguido, assim...os exemplos...mesmo pra mim preparar a sequência, os exercícios, eu tenho pego mais esses aí.

E- Bom, e você acha que esse tema está colocado bem...ou você acha que esse tema poderia ser dado de outro jeito...como você vê?

P1- O que acontece é o seguinte: essa parte de Soluções, a maioria dos livros didáticos começam: maneira de expressar concentração. Então vem aquele monte de fórmulas. Título, molaridade, normalidade, fração molar...depois vem mistura de solução, diluição, um monte de fórmulas, um monte de cálculo...no fim nem é Química, é Matemática. É só substituir os valores e ficar calculando concentração final, volume final, essas coisas. Eu acho, eu sinto falta aqui, pro noturno, de um livro que mostre mais, que relacione mais a realidade deles com Soluções. Então eu às vezes...eu faço assim...uma, duas aulas antes de entrar mesmo no conteúdo, começo a tentar relacionar o dia a dia deles. O que que é Solução? Onde eles acham Solução? Será que eles usam Soluções no dia a dia? Que a gente entra na sala falando de Soluções, ele nem para pra pensar - o aluno - que pode ser

uma coisa que está usando em casa né? Por exemplo, quando o shampoo está no fim, no frasco né? aí ele põe um pouquinho mais de água para tentar pegar aquele restinho...ele não está parando pra pensar que ali está o que, diluindo o shampoo, fazendo uma Solução pra poder utilizar...Então eu tento puxar um pouquinho o aluno pra esse tipo de coisa. Agora, os livros não fazem nada disso né? Os livros já entram direto nas fórmulas, cálculo, cálculo, cálculo...

P2:

E- Você usa algum livro?

P2- Olha, pra gente usar livro...porque um professor quer um, outro professor quer outro, então, para a gente adotar um livro, teria que entrar num acordo, sabe? Porque os alunos mudam muito de período, um começa à tarde, de repente arruma um emprego e quer passar para a noite, e chega lá, o professor tem outro livro. Então, não pode acontecer isso. Então a gente não pede para comprar. Mas eu para dar exercícios para eles não uso um livro só, às vezes o Feltre, outras o Sardella...então tiro exercícios de um, de outro...e a teoria eu ponho na lousa(...).

Este professor alegou falta de acordo entre os colegas na adoção de um livro didático. É interessante observar como esta discussão acerca do livro didático fez emergir outro problema presente na prática do professor: a falta de relacionamento, de discussão, de trabalho coletivo entre os professores de uma mesma escola. No trabalho de Gil Pérez e Carvalho (1992), "Tendencias e experiencias innovadoras en la formación del profesorado de Ciencias", os autores destacam a importância do trabalho coletivo dos professores como elemento fundamental para o rompimento com visões simplistas sobre o ensino de Ciências. Se os professores não conseguem se reunir para discutir a adoção ou não de um livro texto, muito provavelmente acontecerá o mesmo em outros momentos, e questões relativas à metodologia, ao conteúdo a ser ensinado serão prejudicadas ou, muito provavelmente sequer discutidas.

E- M.B., como é que você vê esse tema. Você disse que os alunos não usam livros, mas você sim consulta livros para preparar suas aulas. Você falou em Feltre, Sardella... Como você vê que esse tema é colocado nos livros? Você acha que tem um bom tratamento ou poderia ser melhor?

P2- No que se refere a laboratório, parece que o livro já dá a entender que é para ser ensinado em sala normal. Nunca vi nesses livros que eu sempre...o Feltre é bom, né? Acho ótimo, a teoria dele é bem detalhada, bem explicada, com exercícios que exigem assim um certo raciocínio dos alunos, então nessa parte é bom. Mas nunca tem um roteiro para o laboratório, esses livros nunca...você viu? O Feltre...

E- (...) Você tem um programa?

P2- Tem. Esse ano não participei, mas tem.

E- E o programa segue algum livro, como é, há um roteiro?

P2- Programa da escola?

E- É, programa de Química da escola.

P2- Olha, geralmente...os livros trazem...Volume I, então na hora de fazer o planejamento, os professores pegam aquele programa do livro e vão fazendo, mais ou menos, né?

P3:

E- Você usa algum livro para dar esse tema?

P3- Olha, especificamente não adoto livro, tá? Então eu vou pegando os conteúdos que eu acho necessários. Tem livros em que algumas coisas estão melhor explicadas, outros livros têm melhores exercícios, então eu uso o Feltre-Setsuo que é um livro básico...uso a apostila do Anglo, a apostila do Objetivo que tem um conteúdo mais ou menos como o do livro, né? Porém eu não adoto livro. (...)

E- O quê que você acha de como Soluções é tratado nos livros de segundo grau?

P3- Eu acho que existem livros que complicam um pouco o tema, se aprofundam demais entendeu? A nível de vestibular né, que diz tanta coisa, tá? Então eu dou uma geral, entendeu, dou o conhecimento do que vem a ser uma Solução, explico como uma Solução pode ser apresentada em termos de relação massa-massa, massa-volume...certo? Então eu

sintetizo um pouco porque eu acho que o conteúdo é bem grande, quer dizer é muita coisa entendeu? Eu acho que deveria ser um conteúdo mais simples...

P4:

E- ...o senhor adota livro ?

P4- Não, não adoto, indico apenas livro. Eu acho que o professor tem que procurar e...a Química principalmente, as melhores partes de todos os livros, né? Não chegar a um livro só direto. O mais comum que eu uso com eles aqui, desde 1980 que eu uso este aqui, o Feltre.(...) Esse livro aqui, é três em um. Para os três anos.

E- O que que o senhor acha de como o tema está colocado nos livros? Por exemplo, nesse livro que o senhor tem aí...o Feltre.

P4- Os livros são bons... Esse livro dá para eles lerem. Agora têm livros que...dá uma olhada para você ver,...quer explicar uma coisinha e vem aquele monte... Agora este livro aqui, ele é simples...Você vê que ele é um livro bem resumido, bem simples, ele atinge só a matéria em si, não tem muito erro também...(...) Muito bem impresso...Se você conseguisse as edições mais antigas, são melhores ainda.

P5-

E- Você adota algum livro?

P5- Não, não adoto livro. Quando eu comecei a trabalhar, teve um curso que o governo ofereceu para os professores e tinha uma professora da UNICAMP, ela preparou, tinha um projetinho, até procurei para te trazer mas não achei. Eu tentei aplicar esse projetinho, ele faz com que o aluno chegue à conclusão do que é concentração, do que é molaridade...só que foi um fracasso porque os alunos não conseguiam acompanhar. Eu acho que os alunos - para ser sincera - eles não estão preparados para ter Química, Física...(...) Porque eles não sabem Português, não sabem Matemática. Não sabem fazer contas...Então, esse projetinho para mim foi um fracasso, tanto que da outra vez que eu fui dar Soluções, já não usei ele. Peguei e já dei a fórmula direto e...achei mais fácil.

E- Você fez esse curso e depois...

P5- Ela contou uma experiência dela né? Que ela tinha tentado ensinar desse jeito, ela contando pra gente. Então eu fui tentar...Ela passou uma apostila, como ela tinha feito, e eu tentei fazer, seguir aquele roteiro dela...

E- E quando você dá Soluções sem esse roteiro, você usa algum livro para preparar a aula?

P5- É. Eu pego vários livros. Mas Soluções, eu dou só concentração em gramas por litro e molaridade. Não dou mais nada além, disso. Só para o pessoal ter assim...uma noção só.

E- Como você acha que esse tema, Soluções é tratado nos livros...o quê você pensa disso?

P5- Olha, eu acho que é um pouco...ele é meio abstrato pro aluno. Acho meio difícil pro aluno entender, da forma como é colocado, eu acho que fica difícil pro aluno, pra eles entenderem...

E- E como você pensa que ele poderia ser dado para melhorar?

P5- Esse projeto dessa professora que eu te falei, é super interessante sabe? (...) Ela começa a preparar uma Solução de uma concentração gramas por litro, uma concentração qualquer. Então pega tantas gramas de ácido sulfúrico, então o aluno calcula quantos moles tem ali sabe? Ai eles vão preparar isso em um litro, aí, quantas gramas você tem? Acha molaridade sem perceber, sem saber que ele está usando uma fórmula...matemática.

P7:

P7- Eu adoto o livro do CECISP, nesse livro Soluções aparece junto com Equilíbrio.

E- Você gosta desse livro?

P7- Gosto. No começo, por falta de conhecer, eu achei que ele era superficial, hoje eu acho que é um livro mais atualizado, acessível, tanto pro professor como pro aluno, sabe? Acho que é o que melhor funciona.

E- Você disse que primeiro dá Soluções e depois Equilíbrio. Como é que é?

P7- É mais ou menos junto porque... agora não lembro bem a sequência, mas tem Soluções, logo em seguida Equilíbrio iônico da água, pH...e antes é que eu não estou lembrando o que vem...(..) Porque eu acho que antes ficava muito estanque, Soluções.

P8:

E- Qual é a sua opinião de como o tema Soluções é tratado nos livros didáticos?

P8- Eu acho que em geral, os livros de química dividem os assuntos de tal forma que o aluno não percebe o todo. Dessa forma Soluções também é estudado como um capítulo a mais e parece que não tem nada com o meio ambiente, com o resto da Química.

P10:

E- R, e o que você acha - você disse que não usa livros - do tratamento que é dado a esse tema nos livros?

P10- O pouco que eu conheço, eu não gosto...O Feltre, dos que eu conheço acho horrível.

E- E por que você não gosta dos livros?

P10- É muito abstrato né? Muito fora da realidade, muito cheio de fórmulas...

Pelos trechos de entrevistas transcritos é possível concluir que, mesmo que os professores não adotem livros em sala de aula, os livros-textos são uma fonte e, de certa forma, os organizadores do conhecimento que eles ensinam.

As opiniões sobre os livros-textos, como foi ilustrado, são variadas e até contrapostas. Ao serem indagados sobre o que pensavam sobre o tratamento que é dado nos livros-textos ao tema Soluções as opiniões foram em geral críticas. Os professores mostram-se insatisfeitos com os livros didáticos pelo tratamento, que eles consideram abstrato do tema Soluções, pelo excesso de fórmulas, pela falta de relação com a vida cotidiana, mas não se observa nas suas manifestações preocupação a respeito de relações entre conceitos. Pode-se verificar no transcorrer das entrevistas uma insatisfação *latente*, não só com os livros didáticos, mas com a própria prática pedagógica mas, essa insatisfação não parece estar num nível de consciência que lhes permita expor com maior precisão os problemas do ensino e da aprendizagem de Soluções.

Um trecho significativo de entrevista foi o momento em que **P5** relata uma experiência de aplicação de uma proposta alternativa de ensino de Soluções. O professor

diz que utilizando esse "projetinho, os alunos calculam uma concentração *sem perceber*". Surgem aqui algumas interrogações: por que os alunos têm de aprender sem perceber que estão aprendendo?, se os alunos chegam a realizar certas operações sem ter consciência do que estão fazendo, será que eles estão aprendendo?, qual a visão que o professor tem do processo de aprendizagem? Por outro lado, a fala deste professor conduz ao questionamento das propostas didáticas inovadoras entregues aos professores como produtos acabados. A prática tem demonstrado que estas propostas, feitas por grupos de pesquisadores da Educação que encontram-se num nível de estudo e reflexão muito além daquele dos professores que assumem a tarefa pedagógica cotidianamente, apresentam magros resultados na sua implementação. Nas palavras de Pérez e Carvalho (1992), "*...não consideramos necessário nem conveniente, a transmissão de propostas didáticas, apresentadas como produtos acabados, senão favorecer um trabalho de mudança didática que conduza os professores (em formação ou em atividade) a ampliar seus recursos e modificar suas perspectivas a partir de suas próprias concepções*".

Poder-se-ia acrescentar que o fato amplamente conhecido de que os resultados das pesquisas em Educação são pouco conhecidos pelos professores indica a necessidade dos pesquisadores adotarem uma atitude concreta junto aos professores em exercício no sentido de não somente apresentar os estudos realizados, mas também, de atuar junto a eles com o objetivo de favorecer uma discussão que contribua para uma mudança da prática pedagógica.

Foi observado também nas entrevistas que os professores em geral têm certas dificuldades em lembrar da sequência com que ensinam os diversos conteúdos químicos o que, de certa forma, revela que a sistematização conceitual não está presente no seu cotidiano de trabalho.

III.2 SOBRE A ABORDAGEM QUALITATIVA-QUANTITATIVA DO CONCEITO SOLUÇÕES

P1:

E- E na hora de avaliar, - você tem pelo que eu vejo, uma turma heterogênea, né? - então na hora de avaliar como é que você faz? Você vai mais no aspecto quantitativo das concentrações...ou...

P1- Não, inclusive essa semana eu dei uma prova. Eu dei cinco questões, a metade da prova era parte de cálculo, né? Eles aprenderam a calcular molaridade, título, né? E a outra parte, inclusive eles reclamaram demais porque eu pedi para eles darem exemplos de Soluções que eles utilizavam no dia a dia...Por incrível que pareça, os alunos acertaram mais a parte de cálculo...e teve gente que deixou essas questões em branco. Mas gente! Mas Soluções, no dia a dia, né? E eles não respondem, não sei...não sei... Por quê? Eles acertaram muito mais a parte de cálculo que a parte do dia a dia, né?

P2:

E- E como você dá Soluções?

P2- Eu coloco assim...a parte teórica, né? O aluno começa calculando a massa molecular. No segundo colegial, eles aprendem a calcular massa molecular, número de Avogadro...(...) Depois, quando entra em Soluções, eles já aprenderam a calcular a massa molecular, então a gente começa a falar de gramas, volume né? essa parte, né? Calcular número de moles de uma certa quantidade ...depois já começa com as fórmulas de molaridade, de título, de normalidade...e fazem exercícios e, então, tem o probleminha, tantas gramas de cloreto de sódio ou tantas gramas de sulfato na água. Então problemas assim...para calcular concentração. Agora, quanto a parte de laboratório, sabe? de fazer coisas...a gente não leva...(...)

E- E as provas, como você faz as provas. Como são suas provas sobre Soluções? Você pede exercícios...

P2- *É. Exercícios. Como eu te falei. Eu nunca pego de um livro só. Eu tenho o Feltre, o Sardella, tenho os cadernos do Anglo, sabe? Eu procuro deixar alguns separados do próprio livro para pedir na prova. Não que os da prova sejam diferentes, não é isso. É que eu não quero que eles decorem os exercícios que eles têm no caderno, ou colar também, né? Porque eles têm mil jeitos de colar. Você sabe...Aqueles probleminhas do livro. Então eu ponho na lousa...(..) E na prova eu coloco assim, quatro exercícios, como estão no livro...*

P3:

E- Então, nas suas aulas você prioriza o quê? Aquela parte das concentrações?

P3- Isso! A parte das concentrações.(..)

E- E como você avalia, como você faz as provas?

P3- Ah...as provas eu faço mais no estilo...com questões onde você coloca situações, onde você mistura tanto disso com tanto daquilo, qual tipo de concentração, se está mexendo com massa-volume, com massa-massa...

E- Exercícios né...

P3- É. Mais exercícios.

P4:

E- Mas o senhor ensina como?

P4- Só exercícios...eu uso exercícios. Por exemplo: "Vamos trabalhar sobre Soluções", então primeiro eu dou as definições pra eles. O que é Dispersão, Solução, Mistura homogênea, heterogênea, faço algumas comparações...coloco duas...um mesmo soluto e um mesmo solvente, inverte eles, se for assim, você põe o soluto e o solvente primeiro, né?, menor é soluto, maior é solvente, então coloco eles invertidos na lousa.

E- (...) agora , há um aspecto quantitativo, e um aspecto qualitativo das Soluções. (...) Como é que uma partícula de sal se dissolve em água, por que que o sal se dissolve formando íons e o açúcar não forma íons, por exemplo? O que que o senhor acha que é mais importante?

P4- Nas Soluções eu ensino concentrações, começo com a explicação da concentração, saturação, quando uma solução é diluída ou não, mostrar direitinho, vão vendo as partículas e vão percebendo quando vai concentrando e chega à saturação, mostrar pra eles como é que vai se dando...vai partindo as moléculas, né? Que eu mostro pra eles, pra eles verem como consegui o melaço. Aquele é o melhor meio para eles verem como que as partículas vão se dissolvendo.

E- E as provas, como o senhor faz as provas? Pede exercícios?

P4- Não, para Soluções eu dei um trabalho agora para eles de eletroquímica. Então cada um monta uma pilha, e é pra funcionar mesmo...tem que funcionar.

P5:

E- (...) Por que o sal se dissolve na água? Por que o açúcar se dissolve na água? Por que o sal forma íons e o açúcar não? Então, como acontece essa interação soluto-solvente?

P5- Ah...eu nem chego nesse assunto. É uma coisa bem superficial que eu dou pra eles.

E- (...)...a relação MACRO-MICRO ...

P5- ...eu pulo essa parte. Tenho até vergonha de dizer o que eu ensino...eu acabo não ensinando nada pra eles...porque você dá a teoria, mas você sabe que eles não pegaram nada, pegaram muito pouca coisa.(...) Todo ano quando começo, eu falo assim: "Vou fazer um curso na UNICAMP", porque sinceramente, eu preciso de apoio, de alguém que me ajude, porque eu não tenho capacidade talvez para fazer alguma coisa diferente, né? Mas todo ano fica naquela...fica na vontade e não sai disso...

E- E como você avalia?

P5- Olha, eu tenho vergonha de te falar, mas assim... aqueles exercícios do livro, tradicional sabe? Que é chamar o aluno de burro...Eu tenho uma concentração de 2g por litro, em dois litros quanto eu tenho de soluto, entendeu? É que nem chamar o aluno de burro, né? E eles não são capazes de fazer isso. Então, é que nem te falei no começo, se eles soubessem Português, eles iriam ler, prestar atenção no que está no problema. Porque uma Solução de 2g por litro, quer dizer: um litro tem duas gramas, em dois

litros...é uma questão de raciocínio, né? Mas eles não têm essa capacidade...Eles não foram ensinados a pensar, né?

P6:

E- E como é que você ensina Soluções?

*P6- Eu escrevo na lousa, porque assim, ao mesmo tempo que eles estão escrevendo, eles estão lendo e eles estão gravando. Então eu coloco tudo na lousa por escrito, e aí a gente faz uma série de exercícios, desde aquele início lá, o que é uma dispersão, os tipos de dispersão, passando por gráficos de solubilidade e até os cálculos estequiométricos, né?
(...)*

E- Bom, e como você avalia os alunos? (...)

P6- Bom, na base de exercícios, daquilo que foi falado. Então eu dou um exemplo, eu dou o coeficiente de solubilidade e falo para a partir dali, teoricamente, preparar uma Solução de cada um. Ou então, às vezes eu dou uma curva, um gráfico de solubilidade, falando para mostrar, para apontar onde fica uma Solução concentrada, onde fica uma Solução diluída, uma Solução saturada...Então tem que ser na base de exercícios comuns, né?

P7:

E- Pensando no tema, que ele é importante, e pensando que ele não é muito bem tratado nos livros, como você pensa que seria uma boa forma de ensinar Soluções?

P7- Bom, eu acho que a primeira coisa que tem que dar pro aluno é a noção, por exemplo no caso da água, que ela está formada por partículas, que quando você aumenta a temperatura ou diminui, essas partículas se agitam mais ou menos. Você teria que mostrar as moléculas juntas, depois o efeito da água separando as moléculas, e o efeito da temperatura, mais temperatura, mais agitação, menos temperatura menos agitação, eu acho que isso é fundamental.(...) Sem essa visão microscópica, eu acho que o aluno não entende nem Reação química, nem Cinética, nem Termoquímica...Tem que ser no microscópico. (Sublinhado nosso). Daí, é a imaginação dele, por isso que eu acho que a

prática nem é tão fundamental, está entendendo? Que a prática é no macroscópico. Enquanto que se você faz ele imaginar, fazer o desenho ou ele explicar, eu acho que eles entendem sabe?

E- Eu concordo com você. Você é a primeira pessoa que me fala isso...

P7- Eu peço desenhos a eles, discuto com eles. Sempre eu começo com o macroscópico, né? Por exemplo, laranjada, suco...começo daí, mas depois eu vou chegando no microscópico entendeu?

E- E as provas, como você faz as provas?

P7- Bom, geralmente a primeira prova é mais qualitativa, tipo assim...o que seria uma Solução, as partes de uma Solução, qual o efeito da temperatura...depois, na segunda é uma prova tradicional de cálculo, sabe?

•

P8:

E- ...e como seria uma forma melhor de ensinar Soluções para você?

P8- Eu acho que teria que partir do concreto, isto é soluções usadas no dia a dia, misturas, águas dos rios, água do mar, da nossa casa, a concentração de alguns cátions, ânions, a partir daí analisar a quantidade das substâncias que estão nessas águas, certo? e a partir daí, então o aluno perceberia que há várias formas, várias unidades de se expressar essa quantidade de cátions, ânions, moléculas, dentro dessas águas.

E- Você relaciona o macroscópico com o microscópico?

P8- Olha, eu tento, não sei se consigo, tá? É uma coisa que me preocupa já há vários anos, partir da representação macroscópica ir para o microscópico e a partir disso também abordar a linguagem, tudo isso.(...) Eu acho que na Química, a questão é começar do concreto, da observação macroscópica. Eu acho que eu tento mas a gente tenta muito isoladamente como professor na rede, entende? E eu acho que é a Universidade que deveria ter a função de estar fazendo, estar propiciando que a gente voltasse a discutir coisas, até agora não fez...

P10:

E- Você ensina o processo da dissolução?

P10- (Silêncio).

E- A relação macroscópico-microscópico. Por exemplo: por que se contrai o volume quando se junta água e álcool?

P10- Ah não! Isso não dei não...

E- E como você faz a avaliação?

P10- Exercícios.

E- E eles resolvem?

P10- Eles resolvem porque eu faço tudo para eles resolverem. Os exercícios que eles resolvem em classe, daí, na prova eu só mudo os números...

As entrevistas mostram que o ensino dos professores prioriza o aspecto quantitativo das Soluções, não somente pela descrição que eles fazem das suas aulas, mas também pelo tipo de avaliação que aplicam aos alunos. Dos dez professores entrevistados, oito disseram que a parte mais importante da avaliação são os exercícios de cálculos de concentrações, mesmo quem, como P1, criticou nos livros didáticos o excesso de cálculos. Somente os professores P1 e P7 manifestaram incluir na suas avaliações questões que procuravam relacionar as Soluções ao cotidiano dos alunos (P1), e questões relativas ao aspecto microscópico das Soluções (P7). O professor P8 atribuiu muita importância ao "concreto" e manifestou preocupação com os aspectos microscópicos. Nesse sentido, as falas dos professores P7 e P8 constituíram-se num momento significativo das entrevistas. Eles expõem (especialmente P7) a idéia da importância do aspecto microscópico no ensino de Química, e diz não atribuir tanta importância à prática porque *a prática é no macroscópico*. Esta observação vai ao encontro do que já foi discutido neste trabalho: os resultados da observação empírica são insuficientes para estudar os fatos na sua essência, para estabelecer as ligações internas que fazem que "a coisa" se manifeste através do fenômeno, desta ou daquela maneira.

Os professores **P5** e **P8** fizeram observações que conduzem também a uma reflexão. O professor **P5** declarou "precisar de apoio" e o professor **P8** atribuiu à Universidade a tarefa de fazer com que os professores retomem as discussões relativas ao ensino-aprendizagem. Se os professores precisam de apoio, e isso é observado mesmo sem que eles declarem expressamente essa necessidade, cabe também à Universidade certamente - já foi destacada a importância de um trabalho dos pesquisadores em Educação junto dos professores - a função de fazer com que as dúvidas, as interrogações que surgem na prática pedagógica sejam tratadas num nível que possibilite uma discussão mais profunda. Os professores hoje são orientados, fundamentalmente, pelos livros didáticos, por apostilas de colégios que são, na sua grande maioria, resumos desses mesmos livros e que, no caso específico de Soluções, priorizam o aspecto quantitativo (fórmulas, cálculos, etc). Assim como o aluno precisa do professor como elemento sistematizador do conhecimento, o professor precisa da Universidade como lugar de estudo e discussão dos problemas do ensino-aprendizagem.

Outro aspecto importante emergiu da fala dos professores, tanto na abordagem qualitativa-quantitativa das Soluções, como em geral no transcorrer das entrevistas: as expectativas negativas dos professores sobre os alunos. Nesse sentido, num trabalho de Gil Pérez (1985), o autor faz referência ao efeito que as expectativas positivas ou negativas dos professores têm sobre os alunos. Parece evidente, e no presente trabalho também se observou tal fato, que, quando os alunos sabem que há um interesse especial por parte do professor (neste caso foi o pesquisador) em discutir e analisar certos conhecimentos, adotam uma postura mais ativa, sentem-se incentivados e dispostos a expor suas idéias, dúvidas e interrogações. É possível imaginar que se o professor já parte do pressuposto de que os alunos não estão preparados para aprender Química, que "*não sabem Matemática nem Português*" (o que pode ser verdade), Isto poderá causar um efeito negativo na atitude dos alunos frente a sua disponibilidade para aprender, bem como frente ao próprio processo de ensino.

Pela descrição que os professores fazem das suas avaliações é possível observar que os exercícios de cálculos de concentrações, construção de curvas de solubilidade, ocupam

um lugar importante nas expectativas dos professores a respeito do conhecimento dos alunos. Entretanto, pode-se afirmar que estes exercícios, mais do que a resolução de problemas, são a *identificação de problemas* já resolvidos pelo livro ou pelo professor. Por outro lado, se os professores avaliam estes aspectos das Soluções, ou seja, os quantitativos, é porque, muito provavelmente, para eles a importância do tema Soluções reside nesses aspectos, o que parece mostrar uma visão empiricista-utilitária do ensino de Química.

III.3 SOBRE O LABORATÓRIO E AS AULAS PRÁTICAS

P1:

E- Tem laboratório aqui?

P1- Não. Aqui não tem laboratório, só tem aqueles kits ali...

E- Ah!...sei...

P1- Aqueles do governo. Então qualquer demonstração que a gente quer fazer, tem que fazer na própria sala de aula. Dificulta bastante, né? Mas, mesmo assim, desde que dê, eu tento o máximo possível. Mas não tem nenhuma sala onde eu possa falar: "Aqui é o laboratório". (...)...eu acho que a parte de Solução, se a gente pudesse desde o começo, quando você vê aquela parte de curvas de solubilidade...Porque curvas de solubilidade, é um trabalho que você pode fazer bastante no laboratório, eles poderiam tentar fazer a curva, construir um gráfico e a partir daí interpretar o que que é uma curva de solubilidade.

E- Você faz isso...

P1- É. A impressão que eu tenho, é que se eu pudesse trabalhar mais com laboratório, daria para trabalhar muito mais. Então, por exemplo, pegar aí um mês seguido, dar só prática de laboratório e a partir das aulas práticas ir tirando a teoria.

P2:

E- Tem laboratório na escola?

P2- Tem. Tem laboratório na escola. Até uns dois anos atrás, a gente fazia assim: dividia a classe, metade ia para o laboratório de Biologia e metade para o laboratório de Química. Então ficava uma turma menor, então eles faziam coisas no laboratório, pesavam ,sabe...?

E- Sei...

P2- Lá tem um monte de coisas, no laboratório. É muito desorganizado, sabe, não está limpo, mas tem bastante coisa...Se a gente se organizasse daria para trabalhar no laboratório. Então nessa época, sabe, eles pesavam substâncias, preparavam Soluções, tinham assim...noção sabe de...pegar uma proveta, uma pipeta para tirar volume, tudo certinho.

E- Sei...

P2- Mas nesse ano, e também no ano passado, eles não foram nem uma vez porque modificaram o horário, então não dá mais para dividir as turmas, certo? Não tem mais condição de dividir, para você levar eles de uma vez...nenhum professor quer essa responsabilidade enorme. Então a gente não tem levado. Então fica assim: eles estudam Soluções...se pegarem uma questão como as dos vestibulares, eles até resolvem, sabe, porque é uma coisa mais teórica, bem no lápis, eles fazem, mas se forem para o laboratório, acho que eles iam ficar perdidos.(...)

E- Então, pensando numa outra forma, num outro jeito de ensinar Soluções, o que que você acha que a gente deveria acrescentar ou tirar?

P2- Eu acho importante essa parte de raciocínio, né? Que a gente vê isso aqui na sala de aula normal, eles vêm o problema, eles vão ter que pensar no assunto, raciocinar um pouco para ter a resposta desse problema. Além disso, eu acho que seria importante eles terem laboratório depois de terem essa parte aqui na classe, certo? Aí, eles iriam pra lá e trabalhariam com pipeta, com proveta, com medida de volume, com massa, com pesagem, preparar Solução. Eu acho que seria uma complementação importante.

P3:

P3- (...) E o ideal mesmo seria trabalhar conjuntamente com isso, trabalhar o laboratório, porque eles entenderiam muito melhor, entendeu? Acontece que os problemas da escola pública estão aí... todos nós sabemos, entendeu? (...) A gente não tem condições de funcionar o laboratório, entendeu? Não digo que não tenha reagentes, que não tenha material... até tem. Só que eu, com 20 aulas semanais... não dá para eu vir fora do meu horário. Já fiz muito isso, viu? Quando eu comecei a trabalhar, olha, eu ficava na escola, depois da minha aula, entendeu? Ou vinha no período da tarde, lavava os materiais, separava por grupos, por equipes, preparava os experimentos... tudo fora da aula. Daí os alunos faziam, saíam e eu ficava lavando... Só que... sabe? No final das contas a gente acaba... sei lá... não sei se vale a pena... você vai se desgastando, vai se desestimulando entendeu? Com o salário, com a estrutura... entende? Com tudo na escola. Eu estou desestimulada.

E- (...) Então, como você imagina outro jeito de dar esse tema para melhorar a aprendizagem dos alunos, para melhorar até o ensino desse tema?

P3- Eu imagino uma parte mais prática... você entendeu, onde eles fizessem alguma coisa e depois eles fossem tirando deles mesmos, entendeu? Para eles chegarem às próprias fórmulas... porque no final das contas a gente acaba batendo um pouco é na fórmula... inclusive eu nem peço para eles decorarem as fórmulas entendeu? Eu acho que eles têm que chegar àquela conclusão. Então acho que seria importante se amarrasse alguns conceitos que eles já têm com a parte prática da coisa, entendeu? Então, onde eles fizessem uma mistura, tá? e eles chegassem a conclusões...

P4:

P4- O melhor método de ensinar Química é o laboratório. Ter um laboratório, tudo que se fizer, explicar na lousa, junto com a prática. Dentro do laboratório, a aula no laboratório. Explicar que é uma Solução, que é mistura homogênea, heterogênea, já... um copo de água, água e óleo, mostra heterogênea, água e areia... dar filtração, fazer a filtração,

decantação...Então, começar por ali já Soluções. (...) O aluno saberia o que é uma Solução através da prática.

P5:

E- Você tem aula de laboratório?

P5- Tem laboratório, mas eu nunca usei o laboratório. (...) porque o laboratório, seria eu quem teria que preparar o laboratório, depois limpar o laboratório, entendeu? Eu fico até com medo de ir com quarenta alunos pro laboratório. É uma coisa que...meio complicada. Também, se tivesse mais tempo, eu pensaria talvez numa coisa diferente.

P6:

E- Você não tem aula de laboratório?

P6- Não tem como a gente preparar uma aula de laboratório, a gente não tem tempo suficiente. Para preparar eu tenho que vir aqui fora do horário.

E- Tem laboratório aqui?

P6- Tem laboratório. E a gente tem que perder tempo para preparar aula, é difícil, né? Então isso é uma coisa que pesa.(...).

P6- Bom, o jeito ideal para dar esse tema seria aulas teóricas e aulas práticas. Esse é o jeito ideal pra fazer. Porque aí a gente, através de um produto, conhecendo seu coeficiente de solubilidade, a partir daí, a gente esgotaria todo o assunto em cima disso. Começaria, pegaria um sal conhecido e verificaria qual o coeficiente de solubilidade dele, a partir daí, a gente estudaria a Solução diluída, concentrada, saturada, supersaturada, faria uma curva de solubilidade. Então teria que ser o consorciado, aulas teórica com aulas práticas. Esse seria o ideal.

P7:

E- Você dá aulas práticas de Soluções?

P7- Olha, de uns anos pra cá, eu estou usando o sistema de mandar o aluno fazer em casa, sabe? Por dois motivos: uma que eu tenho observado que se você usa exemplos de

coisas que eles conhecem, você não precisa nem fazer a prática, porque Soluções, tudo mundo já viu, água com açúcar e tal... Então, algumas experiências eu peço pra eles fazerem em casa, trazer relatório e discuto. Quando é algum material que eles não têm em casa, aí eu faço no laboratório, mas a gente não tem feito muita prática.

P8:

E- Qual a importância que você atribui à prática?

P8- Eu não dou aulas práticas, na outra escola nós começaremos o ano que vem com aulas práticas, aqui talvez o ano que vem a gente tenha condições, e eu acho que no caso de Soluções é fundamental pro aluno, ele perceber que num laboratório de Química ou num laboratório de pesquisa, como num laboratório de indústria, a maior parte dos reagentes são usados na forma de Soluções, e como preparar essas Soluções, como analisar...e por isso a importância de um aluno ir pro laboratório verificar isso. Ele preparar a solução, medir a unidade de concentração...

P10:

E- Aqui tem laboratório, na escola?

P10- Tem. Eu cheguei a entrar uma vez, mas daí a escola foi reformada e eles usaram o laboratório para guardar material.

E- Você valoriza a prática, acha que é importante?

P10- Sim, é importante, né? A Química é uma disciplina prática. Deveria dar aulas práticas junto com teoria. O que eu faço de vez em quando são demonstrações.

E- Em sala de aula.

P10- Em sala de aula. Em densidade eu peguei, falei do mercúrio, da água, mostrei pra eles...

E- Se você tivesse melhores condições, como você daria esse tema?

P10- Com atividades práticas...e também essa parte qualitativa. Mas eu não sei como você quer dar essa parte qualitativa...da relação soluto-solvente...

Como foi visto, é idéia comum entre os professores que as aulas de laboratório são muito importantes para o ensino de Soluções. Eles vêm na ausência de experimentação um problema sério e admitem que o laboratório ajudaria muito a resolver o problema do ensino desse tema. Ao serem indagados sobre como seria uma forma melhor de ensinar Soluções, todos (com exceção de P7) responderam que seria fundamental poder dar aulas de laboratório. Entretanto, aqueles professores que contam com salas de laboratório na escola disseram não utilizá-las por falta de tempo, por incompatibilidade de horários ou por falta de segurança.

Considerando que a questão central deste trabalho está em torno da relação das dimensões empírico-teórica do tema Soluções, a discussão a respeito do laboratório e das aulas práticas assume especial relevância. A prática em Química é, sem dúvida, muito importante. A Química é a Ciência que estuda as substâncias e suas transformações, e é na prática que acontecem essas transformações. Entretanto, a simples observação dos fenômenos químicos não conduz à explicação dos mesmos. É possível construir curvas de solubilidade a partir de aulas práticas, é possível classificar as substâncias em solúveis ou insolúveis, mas estes dados serão insuficientes para explicar o fenômeno da dissolução.

A maioria dos professores entrevistados vêem as aulas práticas como um auxílio na resolução de exercícios, e não como um momento de estudo dentro de uma abordagem que permitisse aos alunos ampliar a sua estrutura conceitual. E mesmo quando, como no caso de P1, tentam relacionar prática com teoria ("*...a partir das aulas práticas ir tirando a teoria*"), esta relação mostra-se inadequada pois, não se chega à teoria através da observação dos fenômenos, ao contrário, as teorias são criadas para dar explicação aos mesmos. Como o professor P7 observou, "*a prática é no macroscópico*", a prática tem muito de observação empírica, e é preciso de um esforço conceitual que vai do concreto ao abstrato e do abstrato ao concreto, mediado pelo pensamento, para atingir o conhecimento dos fatos. Isto demonstra, como observado por Pérez (1985) uma visão empiricista dos professores a respeito da Química. Como já foi discutido neste trabalho, a Química é uma ciência que se utiliza de modelos para suas explicações teóricas, e a utilização de modelos está num nível de conhecimento para o qual a prática de laboratório pode se mostrar

insuficiente. A mais simples das reações químicas que possa ser realizada num laboratório exigirá para sua explicação de argumentos teóricos.

III.4 SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DO TEMA SOLUÇÕES - ESTRUTURA DE CONHECIMENTOS DO ALUNO

P1:

E- (...) Pensando no tema em geral, você acha que o tema é importante, Soluções, ou ele poderia ser omitido do currículo do segundo grau?

PI- Não, acho que não. Não pode. Eu acho que principalmente porque são coisas que eles estão vendo, né? Quando comecei a dar Soluções, não sabiam o que que era. Mas ai eu falei: "Gente! Concentração..." Então ai eles começaram: "Ah!...então é por isso que a gente fala álcool 96..." Então eu acho que é uma coisa que está relacionada tanto no dia a dia...de repente eles vão trabalhar numa farmácia, vão trabalhar na parte técnica ai...têm que preparar uma Solução, eles têm que saber calcular a parte de porcentagem...Eu acho que não pode omitir.(...)

E- (...) a respeito da dissolução, o que acontece quando eu coloco sal na água, ou açúcar na água...como você vê isso?

PI- É difícil. Às vezes eu tento passar isso pra eles, mostrando alguma coisa lá na prática, né? Então quando estou começando a definir solução...é uma coisa que dissolve na outra, então eu dou um exemplo de uma coisa que se dissolveu, sal, açúcar...e depois eu mostro por exemplo uma mistura de água e óleo, então ai não se dissolveu, é heterogêneo...lembro algumas coisas lá do primeiro ano... mas é difícil você trabalhar mesmo esses conceitos...mesmo porque a maioria dos alunos daqui, tem muito assim...eles não têm muita base, né? Por que que um sal se dissolve na água? Por que que um ácido se dissocia? Eles têm essa dificuldade, justamente porque eles têm já uma falta de base até lá do primeiro ano com ligação iônica, covalente...

E- (...) e você acha que Soluções poderia servir...o estudo da dissolução, por exemplo, para recuperar outros conceitos, se a gente ensinasse. Não poderia servir para amarrar, para recuperar outros conceitos?

PI- Eu acho que sim. Que quando você está tratando por exemplo, na aula o primeiro exemplo que eu...misturei água e sal e depois misturei água e óleo...Então, daí eu já fiz eles lembrarem coisas lá do primeiro ano: mistura homogênea, mistura heterogênea, formou duas fases, então quando não se mistura não teve a dissolução, não formou Solução...(..)

E- Então pelo que eu vejo, você concorda em que em geral a Química poderia ser ensinada de outro jeito...

PI- Poderia, com certeza... Por exemplo, por que você dá Soluções no segundo ano? Até, não sei...será que daria pra gente colocar Soluções no primeiro ano? Logo que você trata de misturas...dá pra falar? Não sei...acho que daria pra a gente parar pra pensar, onde pode se encaixar pra melhor dar esse...

E- É, mas ali, no primeiro ano, depois de misturas, a gente trabalharia só no nível macroscópico, né?

PI- É. Só no Macro...

E- Porque se for pro nível microscópico...

PI- ...eles ainda não aprenderam a parte de...

E- Você trabalha nos dois níveis?

PI- Bom, eu tento que a partir do macroscópico, eles cheguem à conclusão do microscópico, tá?

E- Ahá...

PI- Então tento através de experiências, algum teste...a gente faz na sala de aula, né? Então eu tento na maioria das vezes levá-los do macroscópico, para eles deduzirem o microscópico, mas às vezes é um pouco difícil...

E- Eles entendem, por exemplo, a diferença entre a dissolução de um composto iônico, um composto covalente, ou você não chega a tratar isso?

P1- Eu chego a tratar, falo pra eles que tem diferença, né? Mas dificilmente eles conseguem enxergar essa diferença, e geralmente porque já têm a dificuldade...(...) Acho que, olha, muito difícil um aluno sozinho fazer a volta pro primeiro ano, né?(...) Tem que sempre a gente falar: "Gente! isso aqui não está relacionado com o primeiro ano? Lembram quando a gente aprendeu, coisa do primeiro ano, olha, fica aqui, tá? Tem relação". Se for esperar eles fazerem essa relação, eles não fazem, é difícil...

P2:

E- ...agora, a questão do processo da dissolução. Por exemplo, eu coloco sal na água...

P2- A dissolução.

E- É. O processo da dissolução. Você ensina isso? Você se detém nisso ou não? No aspecto do fenômeno em si.

P2- No primeiro colegial, quando eu falo em ácidos, eu falo da dissolução de uma substância, falo do açúcar que se dissolve na água, as moléculas se separam, no caso do ácido, que se dissolve e se ioniza, a base quando se dissolve se dissocia, certo? Então no primeiro ano, eu falo, certo? No segundo ano, quando eu dou Soluções, eu não tenho falado...sabe? Inclusive, você está me falando isso agora...se eu falo, deve ser uma coisa mais rápida.

E- Certo...porque talvez Soluções...não sei como você imagina, mas é um tema...

P2- ...porque no Feltre está muito bem colocado, né? Eu gosto muito. Mas olha, é tanta coisa que...(...).

E- Você falou de ácidos que se ionizam, que uma base se dissocia...você não acha que Soluções é um bom momento para a sistematização?

P2- Acho. Claro...

E- É. E a gente não faz, né?

P2- Não faz. É como te falei. Eu não estou satisfeita...E para te dizer a verdade, cá entre nós aqui, eu acho que ainda sou uma daquelas que ainda estou com bastante ânimo. E mesmo assim, não estou satisfeita de forma alguma. Como te falei, o nível deles é tão ruim

que você quer oferecer mais pra eles e não está conseguindo. Eu sei que poderia ensinar melhor...

E- O quê que você acha que se poderia fazer para ajudar os alunos a aprenderem mais e para à gente ensinar melhor...Porque a gente não ensina muito bem, né?

P2- (...) Olha, pra minha cabeça, eu acho que a gente tem que ensinar a parte que envolve o conhecimento químico mesmo, e como complemento a parte de laboratório. Fazer um trabalho de laboratório sabe, e antes essa parte científica mesmo. Eu acho que em Química seria o ideal. E começar a relacionar com o cotidiano sabe, tudo que envolve nossa vida, o nosso próprio organismo é um laboratório químico, o cozimento de um alimento, uma fruta amadurecendo, ir dando esses exemplos para eles, associados com a parte teórica.

P3:

E- (...) Então, me parece que no caso de Soluções, pensando no processo da dissolução, poderia servir para amarrar outros conceitos...

P3- É. Eu concordo com você. É dentro da Química tudo...uma coisa amarra outra entendeu? Então têm alguns assuntos que eu volto com meus alunos, entendeu? Então, quando eu dou, por exemplo, a parte de... ácido, base, funções químicas, eu volto com eles na parte de ligação. Eu falo: "Gente, na Química nada é isolado". Então de uma coisa você vai puxando tudo, né? Então eu trabalho um pouco, mas realmente...sabe? Eu acho que isso daí precisa de um estudo, a gente precisa sentar, elaborar, sabe? e ver a melhor maneira de tocar nesse tipo de assunto com os alunos, né? relacionando tudo. Agora, sabe...pra mim, realmente falta tempo, tá? Falta tempo de sentar, pesquisar mais...então não tem tempo, o salário é ridículo. Não têm condições de comprar um livro entendeu? (...)

E- ...Soluções é um tema importante, ou ele poderia ser omitido do currículo do segundo grau?

P3- Ah! não...eu acho importante. É importante...

E- Por que você acha ele importante?

P3- Ah...Eu acho que dá um conhecimento pro aluno...entendeu? Inclusive quando eu estou trabalhando com isso, eu explico pra eles, eu falo: "Olha, laboratório, farmácia, remédios..." entendeu? Isso é super-importante...Você preparar um soro...onde você pode usar a medicina no seu dia a dia.(...)

E- E você trabalha a relação MACRO-MICRO?. Essa relação, dá tempo para você trabalhar isso?

P3- Não dá, não dá tempo...Quando eu falo, é pouca coisa...é, não dá tempo. Três aulas por semana, você tem que descontar uma aula pra prova...outra aula para correção da prova que eu faço com eles depois que entrego as notas corrigidas, refaço todas as questões, tiro dúvidas, né? Então acaba não dando tempo...

P4:

E- (...) o senhor acha que este tema serviria para recuperar outros conceitos anteriores...como que o senhor vê o tema Soluções no meio dos outros?

P4- É o começo da Química, né? Soluções é o começo da Química, eu acho que é. Já vem do primeiro colegial, nas misturas e vai até o terceiro colegial...você pode aplicar no terceiro colegial, na química orgânica...

E- E o senhor faz isso com eles, faz essas relações?

P4- Aqui não dá. Não tem laboratório!

P5:

E- No contexto do conteúdo químico você acha esse tema importante?

P5- Pros alunos?

E- É...pros alunos, para o conhecimento dos alunos...

P5- Depende...É, como conhecimento geral, é importante, mas pensa assim: o aluno por exemplo que está num secretariado, pra ele eu acho que não tem...é importante se ele vai no médico, né?

E- Que temas você acha mais ou menos importantes?

P5- *Ah...não sei te falar agora, né? Mais ou menos importante...(...) Eu acho que Soluções é uma coisa assim que você tem...todo mundo está em contato, está entendendo? (...) Todo mundo compra coisas...usa um álcool por exemplo. As Soluções eu acho importantes. Quer ver uma coisa que eu não acho importante é Números quânticos. É uma coisa que, sinceramente, nem eu sei, nem entendo direito a quântica, então, como eu vou ensinar coisas que nem eu entendo...E não tem a haver com a vida do aluno...*

P6:

E- Não sei se você pensa como eu, mas eu já dei Soluções também, tenho dez anos de professora e pela minha própria prática, eu vejo hoje, que estou pesquisando, que a gente não explora esse tema suficientemente. Estou pensando no aspecto conceitual. Por exemplo, se você juntar 50ml de água e 50ml de álcool, o volume final não é 100, é menos...

P6- *Certo.*

E- Ai você pode trabalhar com espaços vazios, com ligações de hidrogênio...então...você não acha que esse tema serviria...

P6- *Serviria. Acho, acho. Se a gente for ver, na realidade tem relação com as outras coisas, eu acho que tem relação. É o tal negócio, é que o tempo que a gente tem é muito pouco. As horas relacionadas com a Química são muito poucas, então se a gente pega um livro do segundo ano, é muita matéria que tem que dar, e a gente dá, eu acho, nem um quarto do que eles deveriam ver no ano. Então a gente está obrigado a pular certas coisas que realmente vão bagunçar a cabeça deles.*

P8:

E- Você não acha que o estudo da dissolução serviria para sistematizar outros conceitos?

P8- *Eu não tenho dúvidas disso que você está falando, acho que a gente não faz isso infelizmente, mas cada vez mais estou convencida do seguinte: que o que a gente ensina, vamos supor um conceito como o da polaridade de uma molécula, que a gente às vezes ensina no primeiro ano ao abordar ligações químicas...eu hoje estou convencida que você*

tem que, em algum momento, mais tarde, com o amadurecimento do aluno, voltar a abordar aquilo e voltar e voltar... Quer dizer, eu até tentarei para o próximo ano fazer um programa realmente em espiral, quer dizer, abordei no primeiro ano isso mas o aluno não estava amadurecido suficiente até em termos dos conceitos... no segundo ano, onde que isso vai aparecer outra vez? E eu acho que este exemplo de Soluções, como o fenômeno da dissolução, concentração de volume, água e álcool... é muito apropriado pra você voltar a temas como esses. (...) Então, eu acho que ainda não foi feito, eu não conheço um programa de Química dessa forma, que você aborda um tema no primeiro ano de uma forma mais ou menos superficial, mas no segundo ano, ou a posterior, você possa retomá-lo já com o aluno mais embasado e até no terceiro. A meu ver, isso vai ser o ideal, na hora que a gente fizer um programa assim. Eu não conheço. (...) Nos livros está de uma forma estanque, o aluno vê por exemplo ligações de hidrogênio, que é um fenômeno que ocorre na água, no caso da amônia... dois ou três casinhos e o aluno não vê mais isso em outros momentos. Até quem aborda isso de uma forma boa é o TELECURSO, que não é um livro de Química, é considerado um livro menor mas ele aborda em alguns aspectos esse tipo de assunto de uma forma melhor que os livros didáticos de Química.

P10:

E- Você não acha que o estudo da dissolução, se nós trabalhássemos esse aspecto, serviria para sistematizar conceitos?

P10- Ah...isso a gente trata quando fala de substância molecular, iônica...mas...junto com Soluções eu nunca dei.

E- E como é que você dá Soluções?

P10- Ah...explicando só. Eu falei de sorvete, de uma Solução ácida, de um sal., alguma coisa assim, como é feito...

E- E você acha esse tema importante no contexto do conteúdo químico?

P10- É o cotidiano do aluno, né? Ele mexe com gramas, com volume, com massa, né?

E- Então, como que a gente faz para ensinar a Química de jeito que fique amarrada, sistematizada?

P10- Mas você acha que os alunos têm condições de...?

As indagações do entrevistador relativas ao domínio conceitual do professor sobre a dissolução constituíram-se num momento significativo das entrevistas. Os professores pareciam não entender, e até evitar, as perguntas, além de responsabilizar os alunos pela falta de tratamento desse aspecto em sala de aula. A frase "*os alunos não têm base para tratar isso*" foi repetida com frequência. As conversas acerca do fenômeno da dissolução fizeram emergir a relação dos níveis macroscópico e microscópico na compreensão dos fenômenos químicos, a visão dos professores a este respeito e a quase ausente preocupação do professor com tais questões. Assim, por exemplo, oito dos dez professores consideram que o tema Soluções é importante, que não pode ser omitido do currículo do segundo grau pela sua relação com o cotidiano, pela sua presença na vida das pessoas e não porque, sob o ponto de vista conceitual, ele poderia servir para a sistematização de conceitos, para a formação de um pensamento teórico nos alunos, para a elevação do processo cognitivo ao nível da abstração e da generalização.

A análise do discurso do professor **P1** mostra contradições nas suas idéias pois, num primeiro momento, critica nos livros didáticos o excesso de fórmulas e cálculos e, posteriormente, ao ser indagado se o tema Soluções era importante e por que, respondeu que sim, porque os alunos devem saber calcular, devem ter idéia das concentrações. Este professor parece ver a relação de Soluções com conceitos aprendidos anteriormente pelos alunos como ligações iônicas e covalentes, e, ao mesmo tempo, ao ser indagado sobre a possibilidade que o tema oferece para a sistematização conceitual, reportou-se à observação empírica (misturas homogêneas, heterogêneas). Este professor insiste na expectativa de que os alunos sozinhos organizem conceitos anteriores ou passem da prática à teoria, de onde é possível depreender que a visão que ele tem do seu papel é a de que tem que se deixar o aluno sozinho na construção do seu conhecimento.

O professor **P2** pareceu não atribuir muita importância à sistematização de conceitos. Ele admitiu tratar da dissociação e da ionização no primeiro ano, mas disse não retomar estes conceitos ao ensinar Soluções.

III.5 SOBRE OS INDÍCIOS DA CONCEPÇÃO DOS PROFESSORES ACERCA DA NATUREZA DO FENÔMENO DA DISSOLUÇÃO

Observa-se com frequência na literatura, que os pesquisadores procuram identificar as concepções dos alunos sobre o fenômeno da dissolução considerando intuitivo o caráter das mesmas. Neste trabalho parte-se do pressuposto de que a compreensão do fenômeno da dissolução depende de conceitos trabalhados anteriormente que são fundamentalmente conceitos escolares, ou seja, são conceitos aprendidos em sala de aula, como ligações químicas, estrutura atômica, interação entre as partículas. Sendo assim, as concepções dos alunos estarão relacionadas não tanto com o cotidiano, mas com o que é ensinado previamente pelos professores e com a própria concepção destes últimos a respeito da dissolução. São estas idéias que, quimicamente, são importantes para a compreensão do fenômeno, e não que este seja classificado em físico ou químico. Em relação a este aspecto é importante considerar que a dissolução é um complexo fenômeno físico-químico e, também, que as fronteiras entre a Física e a Química se diluem *"na medida em que ambas Ciências se desenvolvem e aprofundam fazem emergir a unidade de toda a matéria"* (Gil Pérez, 1985). Ainda assim, se fosse se estabelecer uma discussão a respeito do que é físico e do que é químico, esta seria uma discussão no nível microscópico da interpretação dos fenômenos.

Foi baseada nestas considerações que procurou-se saber o que os professores pensavam a este respeito.

P1:

E- Você falou na questão da evolução da Ciência. Há toda uma questão polêmica, uma questão histórica sobre o conceito, sobre a natureza do fenômeno da dissolução, a respeito de se ele é físico, se ele é químico... É um fenômeno físico, é um fenômeno químico? É complexo esse fenômeno e também não é tratado nos livros...

P1- É, não fala se é um fenômeno físico, não deixa claro esse tipo de coisas, né? E isso gera dúvidas nos alunos...inclusive um me perguntou um dia desses: "Não, mas se você

dissolveu o sal, fez a dissolução do sal, se você evapora a água, você obtém o sal de novo, então é reversível, então é um fenômeno físico...como? um fenômeno físico, nós estamos estudando Química..." Eles fazem a maior confusão, né...

E- Sim, mas ante uma polêmica dessas, você discute com eles?

P1- Dá pra discutir, né?...São difíceis os alunos que conseguem enxergar até esse ponto...mas alguns chegam às vezes até a pensar e conseguir evoluir um pouco no raciocínio até chegar nisso, mas a maioria vê a Química assim, partida. (...)

P2:

E- Agora, mas voltando à questão do estudo do fenômeno...porque há toda uma discussão, houve já na história da Ciência, a respeito de que tipo de fenômeno é esse, é um fenômeno físico, é um fenômeno químico...você discute essas coisas com eles?

P2- A diferença entre fenômeno físico e fenômeno químico? No primeiro colegial.

E- Sim, mas eu estou falando do caso da dissolução, se é físico, se é químico...

P2- Não...No caso da dissolução...

E- Da dissolução, é. Coloco sal na água, é um fenômeno físico, é um fenômeno químico? Por quê? Vale a pena fazer essa diferenciação? Esse tipo de coisas você já...

P2- Não. Lá no primeiro colegial a gente fala...deixa eu ver...lá a gente fala sabe, nessa parte...deixa eu tentar colocar melhor onde é que a gente começa com isso...

E- É. No começo mesmo...

P2- Ah! Sim. No primeiro colegial a gente fala dos processos...de separação de misturas...é.

E- Certo.

P2- E nesse tema, tem uma parte que a gente fala de fenômeno físico e fenômeno químico. É o sódio na água e tal...vai ter uma ligação química. A mudança de estado é um fenômeno físico. Nessa parte, no segundo colegial, quando eu falo em Solução, não...

P7:

E- Já surgiu com você alguma discussão acerca da natureza do fenômeno da dissolução, se ele é físico, ele é químico...

P7- Quando a gente fez o desenho da água com o cloreto de sódio, aí depois eu pedi para eles desenharem a evaporação...É a descoberta deles, que junta e o que vai acontecer? Então sai a água e forma sal, então eles enxergam bem. Agora esse aspecto que você está falando, a única vez, que eu me lembre de ter mencionado, seriam essas pontes de hidrogênio com relação a açúcar e água, fora isso eu tenho tratado como fenômeno físico.

Estes três exemplos de trechos de entrevistas mostraram-se representativos das idéias dos outros professores a respeito da natureza do fenômeno da dissolução.

O professor **P1** admitiu através do relato de um diálogo com aluno que se um fenômeno é reversível - evaporando a água é possível obter o sal novamente - ele pode ser classificado como físico, o que evidencia que a idéia tão difundida entre os alunos de que os fenômenos são classificados em físicos ou químicos segundo a sua reversibilidade pode ter sua origem no ensino e não em idéias intuitivas. O mesmo foi observado num momento anterior da fala do professor **P6**.

O professor **P2** pareceu demonstrar não ter atentado para a importância do processo da dissolução e até não entender a pergunta a respeito da natureza do fenômeno da dissolução confundindo-a com a classificação dos fenômenos em geral.

A análise das entrevistas com professores configura algumas tendências nos dados de ensino que por sua vez vão ao encontro de problemas que serão apontados posteriormente nos dados de aprendizagem. Os professores, em geral, não parecem conceber Soluções em termos de relações entre conceitos, atribuindo, exclusivamente a importância de Soluções às suas aplicações à vida cotidiana. Eles evitam as perguntas do entrevistador a respeito das relações conceituais. Transferem para o aluno, com o argumento de que estes últimos não estão bem preparados, a culpabilidade pela não explicação dos processos no nível microscópico. Os professores apontam a relação da Química com o cotidiano e a realização de aulas práticas como a resolução ou "saída" para os problemas de

aprendizagem dos alunos mas, ao mesmo tempo, aqueles que contam com salas de laboratório em suas escolas não as utilizam. Se pensam que o laboratório é a saída e não o utilizam, qual será a reflexão que os professores fazem da sua prática pedagógica, do seu papel na Escola?

Uma questão importante e que merece reflexão é a idéia que o professor tem sobre a relação entre níveis macroscópico e microscópico do conhecimento químico e do seu próprio papel no estabelecimento dessa relação para os alunos. Considerando que os professores esperam que o aluno chegue sozinho ao microscópico a partir do macroscópico e que o objeto de conhecimento, neste caso as Soluções, na sua manifestação macroscópica concreta nem sempre manifesta as relações que se estabelecem no nível microscópico, torna-se extremamente difícil imaginar-se que um aluno possa "chegar sozinho no microscópico". Para isto, será necessário um movimento do seu pensamento, um esforço intelectual sob a ação organizadora e sistematizadora do professor.

Todos os professores entrevistados são licenciados em Química e têm vários anos de experiência. No entanto, pareceram estar um tanto afastados das preocupações que deveriam ser inerentes à sua própria prática. Talvez caiba aqui uma reavaliação do papel da Universidade na formação destes professores. Vários dos professores entrevistados disseram ter realizado cursos na UNICAMP e terem achado esses cursos muito importantes. Mas consideram que a prática diária deles está muito aquém daquilo que é discutido na Universidade, que esta é um oásis no meio da situação geral do ensino. Todavia, o que parece ser mais sério é que se nota, nos professores entrevistados, um certo conformismo, uma certa acomodação à situação em que vivem. Sendo assim, da mesma forma que os alunos precisam dos professores no processo de construção do conhecimento, os professores precisam - como já foi apontado - dos pesquisadores em Educação em Ciências para retomar discussões que dizem respeito à sua própria prática pedagógica.

CAPÍTULO IV

SEGUNDO ESTUDO

CONCEPÇÕES DE ALUNOS SOBRE SOLUÇÕES

Este segundo estudo que visou identificar as concepções dos alunos sobre Soluções, antes e depois do processo de ensino, foi realizado com o intuito de verificar como o ensino teria contribuído para o estabelecimento de relações entre aqueles conceitos considerados pré-requisitos para a compreensão do processo da dissolução.

Como foi dito anteriormente, um único teste (teste 1) foi aplicado tanto para uma classe do primeiro como do segundo ano e, apesar de constar de seis (6) perguntas, as respostas foram classificadas em três grupos: as idéias dos alunos sobre como entendem i) Solução, ii) o fenômeno da dissolução e iii) as diferenças e semelhanças entre substância e Solução.

As tabelas 1 e 2 foram construídas a partir da análise das respostas dadas pelas duas turmas respectivamente do 1º e do 2º anos. Como um mesmo aluno pode ter apresentado numa resposta mais de uma idéia, o percentual final pode ultrapassar o valor de 100%.

Pelas tabelas pode-se observar que há - como era de se esperar - diferenças entre as respostas dos alunos do primeiro e do segundo anos: há uma incidência maior de respostas em branco entre os alunos do primeiro ano; apareceram entre as respostas dos alunos do segundo ano as idéias de que o fenômeno da dissolução pode ser físico, químico ou físico-químico, enquanto que a grande maioria dos alunos do primeiro ano respondeu que era físico.

A totalidade dos alunos, tanto do primeiro como do segundo ano, admitiu interações entre soluto e solvente. É importante destacar que expressões como: "O sal se dissolve *na* água" ou "*Na* água o sal se dissocia em íons" foram interpretadas como admissão, por parte dos alunos, de interação soluto-solvente. Contudo, vale ressaltar que 47% das respostas dos

alunos do segundo ano apresentam uma tentativa de explicação do fenômeno no nível microscópico. Desta forma foram interpretadas respostas como: "A água penetra nos espaços vazios que há entre os íons do sal" ou "A água envolve os íons do sal separando-os".

Entretanto, as respostas dadas à pergunta sobre as diferenças e semelhanças entre Solução e substância mostram, pelos percentuais de respostas em branco (59% para o primeiro ano e 32% para o segundo ano), a dificuldade dos alunos de desenvolverem um raciocínio de diferenciação e semelhança a partir dos atributos e até da própria definição daqueles dois conceitos. Assim, entre as respostas dos alunos tanto do primeiro como do segundo ano encontram-se, com frequência, as expressões: "Uma substância participa de uma Solução", "Solução é uma mistura de substâncias", "Solução possui soluto e solvente, substância ou é soluto ou é solvente". Nenhum aluno reportou-se à constância das propriedades físicas como atributo fundamental que caracterizam as substâncias e que as diferencia das Soluções.

TABELA 1

TESTE 1 - ALUNOS DO PRIMEIRO ANO
 IDÉIAS SOBRE SOLUÇÃO, DISSOLUÇÃO E DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS ENTRE
 SOLUÇÃO E SUBSTÂNCIA (DADOS PORCENTUAIS)

IDÉIAS SOBRE	PORCENTUAL DE ALUNOS (N=17)
<u>Solução</u>	
* Solução é uma mistura	59
* Em branco	30
* Outras	12
<u>Dissolução</u>	
* Há interação soluto-solvente	100
* É um fenômeno físico	76
* Não ocorre reação química	41
* Há mudanças no aspecto físico dos componentes	24
* Outras	10
<u>Diferenças e semelhanças entre solução e substância</u>	
* Em branco	59
* As substâncias formam Soluções	24
* As substâncias têm soluto e solvente	24
* Outras	12

TABELA 2

TESTE 1 - ALUNOS DO SEGUNDO ANO
 IDÉIAS SOBRE SOLUÇÃO, DISSOLUÇÃO E DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS ENTRE
 SOLUÇÃO E SUBSTÂNCIA (DADOS PORCENTUAIS)

IDÉIAS SOBRE	PORCENTUAL DE ALUNOS (N=34)
<u>Solução</u>	
* É uma mistura de duas ou mais substâncias	76
* Outras	15
* Em branco	9
<u>Dissolução</u>	
* Há interação soluto-solvente	100
* Interação soluto-solvente no nível microscópico	47
* Há mudanças no aspecto físico dos componentes	24
* Não ocorre reação química	20
* É um fenômeno físico	59
* É um fenômeno químico	12
* É um fenômeno físico-químico	6
* Outras	9
<u>Diferenças e semelhanças entre Solução e substância</u>	
* Soluções têm soluto e solvente	65
* Substâncias são solutos ou solventes	65
* Em branco	32
* Outras	4

Da leitura cuidadosa das respostas dos alunos é possível se concluir que, apesar de os alunos do segundo ano terem maior facilidade de utilização de termos químicos, o que conduz a um discurso mais sofisticado, isso não significa que, necessariamente, tenham uma real compreensão dos fenômenos. Dentro de uma perspectiva sócio-histórica da formação de

conceitos, este fato poderia ser analisado como um processo de *internalização* ou *reconstrução interna* dos conceitos. Segundo Vygotsky (1988):

a) Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente. É de particular importância para o desenvolvimento dos processos mentais superiores a transformação da atividade que utiliza signos, cuja história e características são ilustradas pelo desenvolvimento da inteligência prática, da atenção voluntária e da memória.

b) Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal. Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro entre pessoas (interpsicológica) e, depois no interior da criança (intrapsicológica). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. (Sublinhado nosso). Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos.

c) A transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento. O processo, sendo transformado, continua a existir e a mudar como uma forma externa de atividade por um longo período de tempo, antes de internalizar-se definitivamente. Para muitas funções, o estágio de signos externos dura para sempre, ou seja, é o estágio final do desenvolvimento. Outras funções vão além no seu desenvolvimento, tornando-se gradualmente funções interiores. Entretanto, elas somente adquirem o caráter de processos internos como resultado de um desenvolvimento prolongado. Sua transferência para dentro está ligada a mudanças nas leis que governam sua atividade; elas são incorporadas em um novo sistema com suas próprias leis. (Vygotsky, 1988, pp. 64-65).

Considerando estes princípios teóricos e analisando as respostas dos alunos pode-se dizer que ao se envolverem na aprendizagem inicial dos conceitos - neste caso, dissolução, interação soluto-solvente e outros - a história desses conceitos para os alunos está começando. Nesse processo, as diferenciações e generalizações irão se estabelecendo, permitindo ao sujeito ir recompondo as relações entre conceitos dentro de um sistema. Dependerá da qualidade das experiências que o ensino oferecer a recomposição dessas relações conceituais.

Por outro lado, como foi mencionado, ainda que 47% dos alunos do segundo ano dêem uma explicação microscópica da interação sal-água ou açúcar-água, ela é incompleta, pois eles dizem que o sal se dissocia em íons, mas poucos alunos percebem "o papel da água" ou "o que acontece com a água" na dissociação dos íons. Uma compreensão mais adequada do fenômeno da dissolução como um processo de interação soluto-solvente exige, certamente,

um movimento de pensamento do concreto ao abstrato e vice-versa mediado por raciocínios mentais. Novamente o ensino apresenta-se como um componente fundamental neste processo, pois como foi dito na Introdução deste trabalho, crianças e adolescentes dificilmente realizarão este complexo procedimento de pensamento sozinhos.

Ainda sobre a natureza do fenômeno da dissolução, é interessante destacar que a idéia generalizada entre os alunos sobre o critério de classificação de um fenômeno em físico ou químico é a reversibilidade ou não do processo. Desta forma, interpretam que se ao evaporar a água de uma Solução é possível obter o sal novamente, o fenômeno de formação de uma Solução é físico, sem considerar as interações químicas que acontecem entre os seus componentes. É possível afirmar que isto se deve a influências diretas do ensino que, já no primeiro grau, ao tratar dos estados físicos das substâncias, "cristaliza" na cabeça dos alunos esse tipo de classificação dos fenômenos que se torna um entrave no momento em que os fenômenos exigem um raciocínio mais complexo.

Da análise das respostas destes dois grupos de alunos conclui-se que houve, evidentemente, uma influência do ensino naqueles alunos que passaram pelo estudo de Soluções. Por exemplo, para os alunos do segundo ano, a incidência de respostas em branco é menor; a diversidade de idéias na tentativa de explicar o fenômeno da dissolução é maior; é mais frequente a utilização de termos químicos. Entretanto, observa-se a preponderância da abordagem dos aspectos macroscópicos em detrimento dos microscópicos. Ilustram esta situação as respostas dadas às perguntas sobre se houve mudança nos componentes iniciais de uma solução: 23% dos alunos, tanto do primeiro como do segundo ano, falam em mudanças no aspecto físico dos componentes de uma solução: "a água ficou salgada", "o Tang virou líquido" etc. Isto certamente demonstra uma abordagem do ensino limitada à observação empírica dos fenômenos e a um tratamento insuficiente dos aspectos teóricos dos mesmos. A formação de uma Solução é um fenômeno cuja explicação exige a utilização de conceitos como, substância, mistura, estrutura atômica, ligações químicas, estrutura da matéria, estados de agregação das substâncias, etc. Estes conceitos são adquiridos no processo de ensino,

introduzidos na maioria dos casos pelo professor verbalmente. Por isso este torna-se um elemento fundamental no esforço intelectual do aluno no sentido de atingir níveis superiores de generalização. Como é possível observar pelo Anexo II, os alunos do segundo ano, ao terem concluído o estudo dos conteúdos dos primeiro e segundo anos tinham estudado, entre outros tópicos: estrutura da matéria, ligações químicas, funções inorgânicas, reações e equações químicas, propriedades físicas das substâncias, Soluções, cinética química e equilíbrio químico. Era de se esperar que estes conceitos pudessem auxiliá-los na compreensão da dissolução no nível em que foram solicitados a responder no teste, qual seja, o nível microscópico. Pelas respostas obtidas parece ser que o ensino não contribuiu grandemente para a recomposição das relações conceituais.

CAPÍTULO V

TERCEIRO ESTUDO

CONCEPÇÕES DE ALUNOS E PROFESSOR NO PROCESSO DE ENSINO- APRENDIZAGEM DE SOLUÇÕES

Este terceiro estudo foi realizado com o objetivo de analisar o processo de ensino aprendizagem de Soluções, tendo sempre em mente as questões já pontuadas na Introdução e no Capítulo I deste trabalho, quais sejam: o tratamento da relação macroscópico-microscópica e suas derivações no ensino-aprendizagem de Soluções, a sistematização conceitual como fator favorecedor da aprendizagem dos alunos e o papel do professor nesse processo. Partindo deste objetivo, três investigações foram realizadas: i) aplicação de um teste escrito (T2) a alunos que estavam começando o estudo de Soluções, ii) observação das aulas sobre Soluções na classe onde foi aplicado o teste 2 e, iii) entrevistas com uma amostra de alunos que tinham respondido ao teste 2 e que estavam sendo submetidos ao ensino de Soluções.

V.1 ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTE 2

Na análise do teste 2, aplicado a alunos do segundo ano ao iniciarem o estudo de Soluções, além de se registrar as concepções dos alunos sobre o que é uma Solução, foi feita uma divisão entre as idéias dos alunos sobre a dissolução do sal na água e do açúcar na água. Este último procedimento foi adotado porque procurou-se verificar se os alunos viam diferenças entre a dissolução de um composto iônico e de um composto covalente na água.

É interessante observar que pela diversificação de idéias, as respostas dadas ao teste 2 são semelhantes às dos alunos do segundo ano do teste 1, contrariamente ao que se poderia

esperar, pois os alunos do segundo ano que responderam ao teste 1 tinham concluído o estudo de Soluções, enquanto os alunos que responderam ao teste 2 estavam começando o dito estudo.

Pela tabela 3 observa-se que os alunos atribuem especial importância ao tamanho das partículas ao se tratar de uma Solução. Isto poderia talvez ser atribuído ao fato de que, na primeira aula do ensino de Soluções, após a qual foi aplicado o teste, e na terceira aula, o professor se deteve no ensino da classificação das dispersões de acordo com o tamanho das partículas.

Os alunos consideram, por exemplo, que se as partículas do soluto são pequenas (no caso do sal são os íons formados), elas não alteram o volume final de uma Solução. Um exemplo demonstrativo desta concepção são as seguintes afirmações manifestadas por alguns alunos:

** Quando colocamos o sal na água os íons vão se separar ficando entre as moléculas de H₂O. O volume não muda significativamente devido ao fato dos íons serem tão pequenininhos e desse modo não afetam o volume.*

** O sal se dissolve na água, os íons são separados, assim não interferem quase na mudança de volume.*

** As substâncias são compostas por partículas muito pequenas. No exemplo sal com água, o sal em contato com a água se divide em pequenas partículas. Por isso, o sal dissolve-se na água não fazendo muito volume.*

Da mesma forma, ao serem solicitados a explicar porque ao se misturar água e álcool o volume final não é aditivo, a maioria respondeu que isso é devido a uma substância "se espalhar" na outra e dessa forma o volume final é menor que a soma dos volumes das duas substâncias.

Um único aluno demonstrou, de forma mais clara, a idéia de interações entre os componentes de uma Solução relacionada ao volume final da mesma:

** O volume do sistema final não aumenta porque há uma interação entre os compostos e mesmo com o aumento do número de átomos, o volume não muda porque a distância entre os átomos do composto (ou íons do composto) diminui.*

Sobre a dissolução do sal (NaCl) na água, convém observar que - contrariamente ao verificado pelos estudos de vários pesquisadores (Prieto, Blanco e Rodriguez, 1989; Driver, 1985; Fernandez, Trigueros e Gordo, 1988) - nenhum aluno dos que responderam a este teste manifestou a idéia de que o soluto "desaparece" - o que nos referidos estudos foi interpretado pelos autores como uma inadequação na concepção da conservação da matéria. A absoluta maioria (97,0 %) dos alunos que responderam ao teste 2 disse que "o sal na água se dissocia em íons". Entretanto, essa alta porcentagem não pode ser interpretada como indicativa de que a quase totalidade dos alunos compreende a interação entre os componentes de uma Solução, visto que só 48% demonstraram ter uma compreensão microscópica do fenômeno. Ainda assim, essa compreensão limita-se, na maioria dos casos, à afirmação de que - como foi observado no teste 1 - "a água separa os íons do sal", mas poucos "vêm" na natureza química da molécula de água a causa dessa interação. Algumas respostas dadas à pergunta 3 do teste, onde os alunos são solicitados a responder se na formação da Solução de água e sal os componentes iniciais sofreram alguma mudança e como as partículas do sal interagem com a água, são ilustrativas do afirmado anteriormente.

** O sal sendo iônico dissolveu-se na água em forma de cátions (Na^+) e ânions (Cl^-) separando-se entre si. A água apenas dissolveu o NaCl não sofrendo nenhuma alteração*

** O sal apenas dividiu-se em cátions e ânions dentro da água.*

** O composto NaCl sofre ionização formando o cátion (Na^+) e o ânion (Cl^-).
Substâncias polares dissolvem substâncias iônicas.*

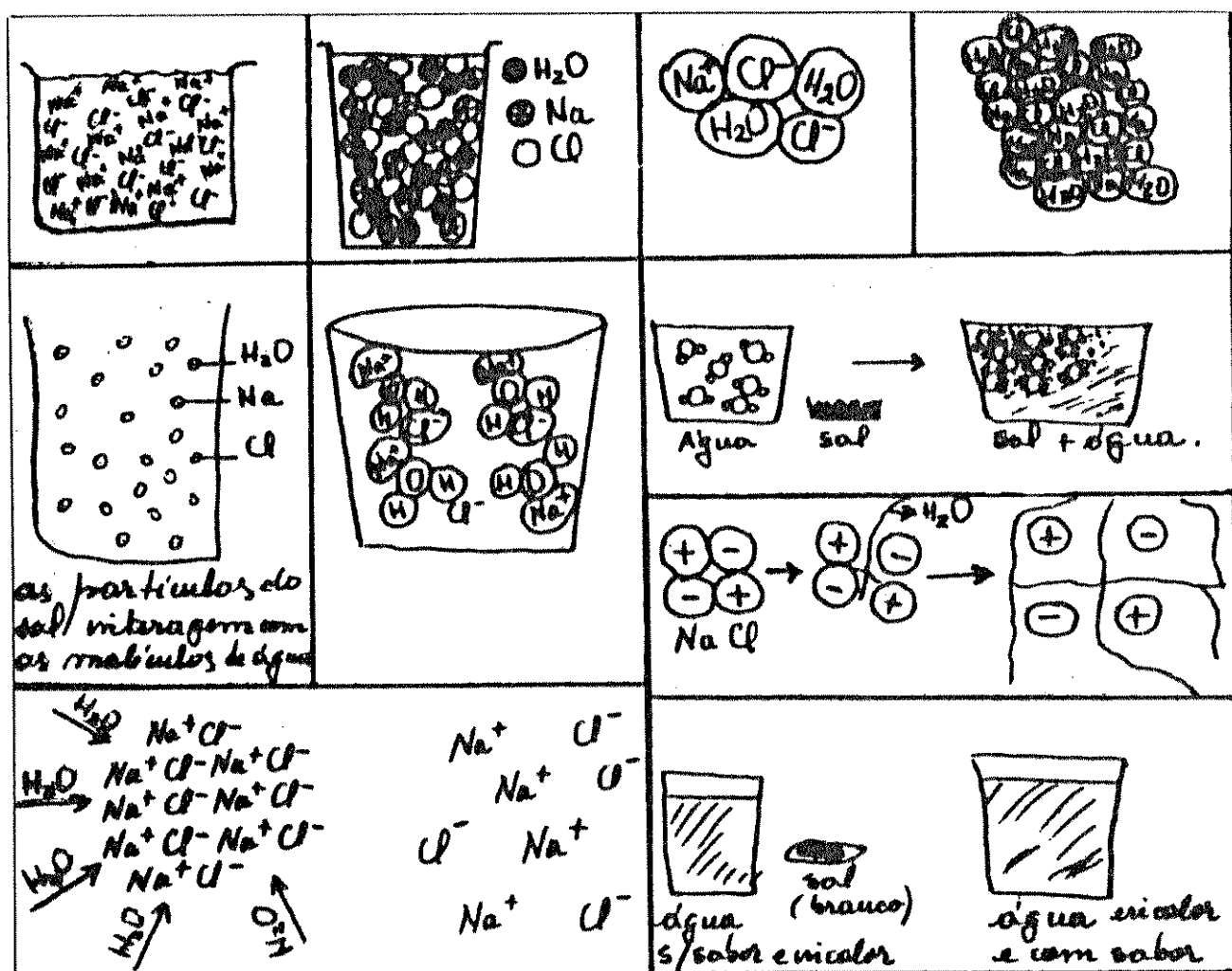
TABELA 3.
 TESTE 2 - ALUNOS DO SEGUNDO ANO
 IDÉIAS SOBRE SOLUÇÃO, DISSOLUÇÃO DO NaCl E DO AÇÚCAR EM ÁGUA
 (DADOS PORCENTUAIS)

IDÉIAS SOBRE	PORCENTUAL DE ALUNOS (N=36)
<u>Solução</u>	
* É uma mistura homogênea de duas ou mais substâncias	63
* É uma mistura	32
* É constituída de partículas muito pequenas	32
* É constituída de partículas impossíveis de se visualizar	28
* As partículas do soluto são tão pequenas que não alteram o volume da Solução	66
* Outras	17
<u>Dissolução do NaCl na água</u>	
* O sal na água se dissocia em íons	97
* Há interação água-sal no nível microscópico	48
* É um fenômeno físico	57
* É um fenômeno químico	23
* É um fenômeno físico-químico	17
* Outras	3
<u>Dissolução do açúcar na água</u>	
* O açúcar se dissolve na água	28
* Há interação açúcar-água no nível microscópico	37
* Outras	26
* É um fenômeno físico	52
* É um fenômeno químico	26
* É um fenômeno físico-químico	15

- * *As partículas do sal separam-se em íons e ficam dispersas na água, assim as moléculas de água preenchem o espaço entre as partículas de Na^+ , Cl^- .*
- * *A água faz com que o sal se dissocie, ou seja, os íons são separados.*
- * *Pelo fato de o NaCl ser uma substância iônica, os íons dispersam-se na água. O NaCl (sal) que era sólido, fica disseminado sob forma de pequenas partículas na água, a água torna-se salgada devido à mistura das substâncias.*
- * *Os íons da substância iônica (sal) dispersam-se em contato com as moléculas de água. As moléculas de água vão impedindo a passagem dos íons, mas com o tempo, a água passa entre os íons Na^+ e Cl^- formando assim a mistura homogênea.*
- * *As partículas do sal se separam (Na^+ e Cl^-) devido às moléculas de água que provocam o rompimento delas.*
- * *Os íons Na^+ e Cl^- ficam separados, "envoltos" por moléculas de água.*
- * *As moléculas de água separam os cátions e os ânions do sal.*
- * *Devido ao sal ser uma substância iônica, quando ele é misturado na água seus íons se separam. A água entra no meio destes íons, que antes estavam ligados uns aos outros, ocorrendo então sua separação. Ocorre dissociação (antes o íon positivo era ligado ao negativo).*
- * *Os íons do cloreto de sódio se dissociam, ou seja, se separam. Então, nesta mistura obtém-se sódio, cloreto e água.*
- * *As partículas do sal interagem com a molécula de água pela dissociação dos íons.*
- * *As moléculas de água separam os íons do sal devido ao tamanho dessas moléculas.*
- * *As partículas do sal, ou seja os cátions Na^+ e os ânions Cl^- , ficam dispersos ao lado de moléculas de H_2O . Esses íons ficam unidos às moléculas de H_2O .*
- * *O Na e o Cl não sofreram nenhuma mudança, a única coisa que mudou foi que houve uma dissociação iônica.*

Pelos desenhos dos alunos para representar a interação sal-água é possível se observar também que a maioria dos alunos desenha o sal em forma de íons, enquanto que a água ou é desenhada macroscopicamente como um líquido, ou a sua molécula é representada por uma "bolinha", ou, simplesmente, é escrita a sua fórmula. Não se observa nos desenhos a representação da polaridade da molécula de água.

ALGUMAS REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS PARA A INTERAÇÃO SAL-ÁGUA



Já no caso do açúcar, os alunos disseram simplesmente, e numa percentagem menor (28%), que "o açúcar se dissolve na água".

Sobre a interação açúcar-água, 37% dos alunos demonstraram pelas suas respostas, uma interpretação que pode ser considerada como microscópica. Entretanto essa interpretação deve ser tomada com cuidado pois são poucos os alunos que "vêem", - como no caso da dissolução do sal na água - nas características químicas da água um fator condicionante dessa interação.

Observa-se, pela comparação das respostas dadas sobre a dissolução do sal e do açúcar na água, que a grande maioria dos alunos fala da dissociação do sal em íons enquanto não consegue explicar o que acontece com o açúcar na água. Isto pode ser atribuído ao fato de que o exemplo da dissociação iônica do sal é utilizado com muita frequência no ensino, da mesma forma que a formação de uma ligação iônica é ensinada geralmente através do exemplo da formação do cloreto de sódio.

Ainda sobre a formação da Solução de açúcar em água, quando os alunos, na questão 4, são solicitados a explicar se os componentes iniciais sofreram alguma mudança e como interagem as partículas de açúcar com as moléculas de água, muitos afirmam que o açúcar se dissolve na água porque "polar dissolve polar". Esta é uma regra empírica muito difundida e fundamentada teoricamente. Entretanto, a solubilidade de uma substância em outra é um fenômeno complexo e que nem sempre pode ser prevista levando em conta a referida regra. Por isso, considerando que na redação da pergunta 4 é dito aos alunos que tanto a água como o açúcar são compostos covalentes polares, a resposta de que "polar dissolve polar" não pode ser interpretada como indicativa de que o aluno compreenda a interação entre os dois compostos. Além disto, é importante considerar que 44% dos alunos disseram não saber como representar a interação açúcar-água e que somente um aluno representou em seu desenho a polaridade da molécula de água e do açúcar.

É importante destacar também que muitos alunos manifestaram não saber como responder à pergunta 4 (na tabela estes alunos estão incluídos na categoria de outras idéias) e que alguns se reportaram a uma característica macroscópica da solução açúcar-água - *o açúcar deixou a água doce* - para explicar possíveis mudanças nos componentes iniciais.

A seguir alguns exemplos das respostas dadas à pergunta 4.

* *Os componentes iniciais não sofreram mudanças. O açúcar apenas foi dissolvido pela água.*

* *Para formar um sistema homogêneo é necessário que haja alguma mudança, para que as partículas fiquem menores. Mas eu não sei qual a mudança ocorrida, pois o açúcar é um composto covalente.*

* *Não ocorreram mudanças nos componentes. Porque uma substância é polar e a outra é apolar, não havendo assim uma dissolução.*

* *As moléculas de água atraem as moléculas do açúcar pois são polares.*

* *As substâncias polares são solúveis somente em solventes polares. Por isso o açúcar dissolve-se em água. Há uma interação do açúcar com as moléculas de água. Sendo assim, os componentes modificam-se. O açúcar (sólido) mistura-se com a água formando um sistema homogêneo.*

* *Os componentes iniciais sofrem mudanças. Sendo que como o sal, o açúcar forma um sistema homogêneo, mas ao contrário do sal, ele é um composto molecular, provavelmente os componentes iniciais sofrem mudanças diferentes ou até mesmo não sofrem mudanças. Eu acho que a molécula de água tende a compartilhar elétrons e combina-se com o açúcar.*

* *As moléculas de água vão penetrando nas moléculas de açúcar até que elas se separem e vão se dissolvendo.*

* *Não sei exatamente, mas acho que os componentes iniciais não sofreram mudanças, pois se a ligação é covalente dificulta a quebra da ligação, pois eles estarão compartilhando seus elétrons.*

* *O açúcar sofrerá uma dissolução, sendo o solvente e o soluto polares.*

* *A água irá separar as moléculas do açúcar, isso se deve a que a molécula de água é bem menor que a de açúcar.*

* *Eu acho que as moléculas de açúcar ficariam apenas ligadas às moléculas de água.*

* Os componentes iniciais sofreram mudanças, a concentração do açúcar se torna menor e o açúcar passa para a água propriedades como o gosto.

ALGUMAS REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS PARA A INTERAÇÃO AÇÚCAR-ÁGUA

Com respeito à natureza do fenômeno da dissolução, manteve-se, como nas respostas dadas ao teste 1, a tendência de classificar o fenômeno em físico ou químico de acordo com a sua reversibilidade. A quase totalidade dos alunos, que tanto para a dissolução do sal como a do açúcar, disseram que o fenômeno é físico, argumentaram que é possível separar os componentes. Já entre os que disseram que o fenômeno é químico ou físico-químico, as argumentações são variadas e, às vezes, não muito claras.

Estes dados mostram-se diferentes dos analisados por Fernandez, Trigueros e Gordo no trabalho "Ideas sobre los cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º curso del BUP", citado anteriormente. Nele os autores chegam, entre outras, às seguintes conclusões:

* Os alunos consideram a dissolução de um sólido em um líquido como um fenômeno químico.

* Os alunos associam a formação de misturas com mudanças químicas.

Estas conclusões são deduzidas do fato de que mais de três quartos dos alunos pesquisados associam a dissolução de um sólido em um líquido com um fenômeno químico. Além do mais, os autores observam uma tendência nos alunos de associar com os fenômenos físicos aquelas mudanças que não impliquem no "desaparecimento" de algum corpo. Contrariamente, ao "desaparecimento" de corpos é associada a ocorrência de fenômenos químicos. Os autores interpretam a alta porcentagem de alunos que identificam a dissolução do sal na água como um fenômeno químico ao fato de os exemplos que lhes tinham sido apresentados implicarem a interação de um líquido com um sólido que "desaparece".

No presente estudo, como foi dito anteriormente, nenhum aluno utiliza a palavra "desaparece" para explicar a dissolução do sal nem do açúcar na água, - o que poderia ser interpretado como uma confusão nas idéias acerca da conservação da massa - e o critério da classificação de um fenômeno foi, como também já observado, na maioria dos casos, a reversibilidade desse fenômeno no sentido da recuperação, por meios físicos, dos componentes iniciais. Sendo assim, e como pode ser observado pela tabela 3, a maioria dos

alunos interpreta o fenômeno - tanto no caso do sal como no do açúcar - como físico. Alguns alunos remeteram-se às propriedades (sem esclarecer quais) das substâncias para classificar o fenômeno.

Exemplos das respostas dadas à pergunta sobre a natureza do fenômeno:

PARA O CASO DO SAL EM ÁGUA

É um fenômeno físico:

** Pois os dois componentes não sofreram qualquer tipo de mudança em seus estados fundamentais, assim sendo possível separá-los.*

** Se aquecer, a água evapora e o sal continua no recipiente.*

** Mesmo com a formação de uma nova mistura, podemos usar um método de separação de mistura e obter assim, as substâncias iniciais.*

** As substâncias conservam suas propriedades iniciais.*

É um fenômeno químico:

** Porque para que as moléculas de água fiquem entre as partículas de Na^+ e Cl^- necessário que o NaCl sofra ionização.*

** Não é possível obter todo o sal separado da água novamente.*

** Nem usando a filtração conseguiremos separar o sal da água, ou seja o Na^+ e o Cl^- não se unirão mais.*

** Poderia-se ter novamente o sal com suas moléculas agrupadas mas para isso ser necessário evaporar a água.*

É um fenômeno físico-químico:

** Químico porque o sal sofreu uma mudança e físico porque é possível se obter o sal novamente.*

** Apesar dos componentes não sofrerem nenhuma mudança, há a quebra de uma ligação química.*

PARA O CASO DO AÇÚCAR EM ÁGUA

É um fenômeno físico:

- * Não houve alteração de nenhum dos elementos sendo possível separá-los.*
- * Apesar de formar uma mistura homogênea, podemos obter novamente os dois compostos através de um método de separação de misturas.*
- * Não há reação, apenas muda-se a apresentação do açúcar.*
- * O processo pode ser revertido e a água e o açúcar manterão suas propriedades químicas.*

É um fenômeno químico:

- * Não podemos obter toda a água separada de todo o açúcar.*
- * Forma-se uma nova substância.*

É um fenômeno físico-químico:

- * Apesar dos componentes não sofrerem nenhuma mudança, há a quebra de uma ligação química.*
- * Físico, pois depois de algum tempo o açúcar se depositaria no fundo do recipiente em questão, mas a água passaria a ter gosto do açúcar, portanto também é químico.*

Conclusões semelhantes às do presente trabalho foram obtidas por Stavridou e Solomonidou (1989). As autoras observam:

"Percebemos que os alunos não têm pontos de referência concretos; isso explica que, para eles, o conceito de substância (ou composto) ainda continua

indefinido e, portanto não operacional. Conseqüentemente nenhum aluno tentou distinguir o fenômeno baseado na conservação da identidade ou na mudança de identidade da substância envolvida no fenômeno.

Outra conclusão interessante tem a haver com a reversibilidade da mudança. Alguns alunos consideram a mudança como radical, portanto química, se não é reversível; e uma mudança reversível da matéria é considerada como não radical e, portanto física.

Se temos em conta que os químicos consideram a maioria das reações químicas como reversíveis quando as condições são adequadas, parece que existe uma grande distância, ou uma incompatibilidade entre, os conceitos derivados de contextos e experiências cotidianas, familiares e os conceitos científicos. Este é um aspecto que tem de ser levado em conta pelos professores quando procurarem desenvolver o conceito de reversibilidade num contexto científico (químico). É um assunto que merece mais estudo". (Stavridou, H. e Solomonidou, C., 1989, pp.83-92) (Tradução nossa).

As considerações deste último parágrafo mostram o que parece ser mais uma das tantas contradições do ensino, consequência da falta de estabelecimento de relações conceituais e da forma compartimentada como os conteúdos químicos são tratados nos livros didáticos. As idéias dos alunos de que se o fenômeno é reversível, é físico e, ao contrário, se não é reversível, é químico, vem muito provavelmente do momento em que são tratadas as mudanças de estados físicos ainda no ensino básico, (e não, talvez, de experiências cotidianas como as autoras acima consideram) quando por exemplo se ensinam as mudanças de estados físicos da água. Num momento posterior, já no ensino médio, quando são estudadas e classificadas as reações químicas, é ensinado ao aluno que há um tipo de reações - muitas delas - chamadas reversíveis. Evidentemente surge aqui uma contradição: se os fenômenos reversíveis são físicos, como uma reação química pode ser um fenômeno físico? (Stavridou e Solomonidou, 1989).

A discussão sobre a exata diferença entre um fenômeno físico e um fenômeno químico não é certamente muito simples, até porque a fronteira entre a Física e a Química nem sempre é muito clara na medida em que se avança no estudo das substâncias e suas transformações e há muitos casos em que os fenômenos estão determinados por uma complexa combinação de fatores. Também é sabido que o conceito químico de molécula, por exemplo, nem sempre coincide com o conceito físico de molécula. Segundo Nécraçsov:

"A Física olha as moléculas em si mesmas (capazes de existir de forma estável e independente) enquanto a Química as olha na relação mútua das substâncias entre si. Desta forma, a molécula de ácido carbônico por exemplo, não é capaz de existir de forma estável e independente, por isso, do ponto de vista físico, não é possível falar sobre a molécula de H_2CO_3 . Ao contrário, do ponto de vista químico, justamente a molécula de H_2CO_3 representa a progenitora de todos os derivados do ácido carbônico e, a sua capacidade de existir de forma estável e independente não tem nenhuma significação de princípio".(Necrássov, B.V., 1973, pp.21-22). (Tradução nossa).

Ainda sobre a diferença entre um fenômeno físico e químico Stavridou e Solomonidou observam que:

"A fim de distinguir entre mudanças físicas e químicas os cientistas relacionam ambas com a identidade da substância se eles consideram a manifestação macroscópica da mudança ou, o conceito de molécula se eles consideram a manifestação microscópica: na transformação física da matéria, a identidade da substância que está participando do fenômeno é conservada. Neste caso, as unidades microscópicas de cada substância (moléculas ou íons) permanecem intatos. Na transformação química da matéria, portanto, a identidade da substância que está participando do fenômeno é modificada e as unidades microscópicas submetem-se a alterações..(Savridou, H. e Solomonidou, C., 1989. pp. 83-92).(Tradução nossa).

Desta última citação é possível concluir mais uma vez que, em se tratando de uma Ciência como a Química, a tentativa de explicação dos fenômenos exige se reportar ao nível microscópico o que, por sua vez, significa a utilização de modelos. As autoras falam em íons e moléculas. A Química e o seu ensino não podem prescindir destes conceitos e, no caso específico da dissolução, onde uma substância se dissolve em outra pela interação de suas partículas, onde a natureza química das partículas é determinante dessa interação, torna-se evidente a importância do papel do ensino no processo da aprendizagem desses conceitos pelos alunos. O professor terá de intervir mediando esse processo através da sistematização de conceitos já trabalhados e da introdução de novos conceitos contribuindo, dessa forma, para a reestruturação do conhecimento e para a formação do pensamento teórico nos alunos.

Retornando à análise das respostas dadas pelos alunos à perguntas do teste 2 é necessário se destacar a potencialidade daqueles para crescerem em termos teóricos, o que se mostra, de certa forma, incompatível com a concepção dos professores sobre a capacidade dos alunos "elucubrarem" o mundo microscópico da Química. É de se esperar que o processo de

ensino ao qual seriam submetidos contribuísse para isso. A seguir descreve-se tal processo e discute-se se o mesmo contribuiu ou não para tal.

V.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO

A descrição das aulas sobre o ensino de Soluções na classe onde foi aplicado o T2 e realizadas as entrevistas com alunos, está baseada nos registros de observação. No total foram observadas sete aulas das quais duas transcorreram no laboratório.

A primeira aula observada correspondeu à segunda aula dada pelo professor. Na primeira tinha sido distribuída entre os alunos uma tabela de classificação das dispersões de acordo ao tamanho das partículas. Além disto, o professor tinha começado a discussão destas tabelas com os alunos e, posteriormente, foi aplicado o T2.

PRIMEIRA AULA:

O professor começa localizando as Soluções no quadro geral das dispersões através de desenhos na lousa de vários recipientes contendo diferentes dispersões: água e sal, tinta e óleo, NESCAU e leite, água e ferro e água e pequenas bolinhas de isopor. Ele diz que no primeiro recipiente a dispersão é homogênea e nos restantes é heterogênea e que essa heterogeneidade é diferente. Assim, por exemplo, nos dois últimos recipientes desenhados, a separação entre as duas fases é nítida.

Os alunos são solicitados a responder o que é uma dispersão. Um aluno responde que *"É uma mistura onde há uma fase espalhada na outra sob forma de pequenas partículas"*.(1)

O professor pede aos alunos que peguem a tabela de classificação das dispersões e começa a leitura da mesma fazendo comentários enquanto os alunos acompanham com a tabela em mãos.

(1) Os trechos que aparecerem em itálico no texto correspondem a transcrições textuais da fala do professor, ou ao que ele escreveu na lousa, bem como de falas de alunos.

SEGUNDA AULA:

Após dividir os alunos em equipes de trabalho e dar algumas instruções sobre como trabalhariam essas equipes, o professor retoma a tabela de classificação das dispersões fazendo comentários sobre colóides sólidos (pedras preciosas, pérolas, etc.) e colóides líquidos. Faz referência ao tamanho, natureza e visibilidade das partículas. Pergunta que tipo de partículas é possível encontrar nas Soluções e responde: "*átomos, íons e moléculas*", acrescentando que o que pode variar é o estado físico da Solução, que pode ser sólido, líquido ou gasoso. A respeito dos colóides, diz que também podem ser átomos, íons ou moléculas mas que a partícula coloidal é um aglomerado. Com respeito às suspensões, diz que são grandes aglomerados de átomos, íons ou moléculas.

A seguir, explica o efeito Tyndal fazendo desenhos na lousa. Posteriormente, desenha um microscópio, explica suas funções e acrescenta que, quanto à visibilidade, os colóides podem ser homogêneos ou heterogêneos. Explica também que através da centrifugação os colóides são passíveis de serem observados e analisados e que há diferentes tipos de filtros para colóides e suspensões.

Após esta explanação sobre os colóides, diz que vai começar a tratar das Soluções que "*é o que vai constituir o curso*", e define as Soluções: "*Soluções são misturas cujas partículas são invisíveis. Portanto as Soluções são misturas homogêneas de duas ou mais substâncias*".

Estabelece-se o seguinte diálogo:

P- Que que era o disperso? Procurem aí.

A- (Lendo) É a substância que está espalhada, disseminada em outra.

P- Isso mesmo. E o que é o dispersante?

A- (Lendo) É a substância que dissolve o disperso.

P- E no caso das Soluções?

(Os alunos não respondem). O professor escreve na lousa:

Para as Soluções: DISPERSO = SOLUTO, DISPERSANTE = SOLVENTE.

Regra geral: Soluto será o componente em menor quantidade.

H₂O = solvente universal.

A seguir escreve na lousa a seguinte classificação das Soluções:

1) Em função do estado de agregação da solução.

- * Soluções sólidas: ligas metálicas.*
- * Soluções líquidas: água/sal, soluções de ácidos, etc.*
- * Soluções gasosas: ar atmosférico.*

2) Em função do estado de agregação do soluto e do solvente.

- * Sol/sol: ligas metálicas (Ni/Cu, Au/Ag, Au/Cu, Cu/Ni).*
- * Sol/liq: NaCl/H₂O, sacarose/água.*
- * Sol/gas: naftalina.*
- * Liq/sol: água de umidade presente em sais higroscópicos.*
- * Liq/liq: acetona/etanol, gasolina.*
- * Liq/gas: umidade do ar atmosférico.*
- * Gas/sol: Hidrogênio em platina.*
- * Gas/liq: refrigerantes, águas gaseificadas.*
- * Gas/gas: ar atmosférico, gás de cozinha, qualquer mistura gasosa.*

O professor desenha na lousa um eletrodo de platina que tem a capacidade de reter hidrogênio e que pode ser considerado como uma Solução de gases em sólido.

3) Em função da natureza do soluto.

a) Soluções moleculares: Quando o soluto for molecular, teremos a regra geral que diz que "substâncias polares se dissolvem em substâncias polares e substâncias apolares se dissolvem em substâncias apolares".

P- Quem lembra do que era ligação covalente polar e apolar?

A- (Silêncio).

P- Meu Deus! Que marasmo! O professor escreve:

I. SOLUTO MOLECULAR LÍQUIDO.

Cl-Cl covalente apolar.

H-Cl covalente polar.

Explica o que é uma ligação covalente polar e uma ligação covalente apolar, dá exemplos: CO_2 , CCl_4 e H_2O e explica a formação das ligações de hidrogênio, esclarecendo que as moléculas apolares se associam através das forças de Van der Waals.

Retomando o caso da água diz que "a água só dissolve aquilo com o qual ela possa formar ligações de hidrogênio, portanto, o álcool se dissolve na água, mas o benzeno não. Se eu quiser dissolver o benzeno, devo utilizar CCl_4 ".

II: SOLUTO MOLECULAR SÓLIDO:

Faz o desenho de um recipiente e com giz de cores diferentes. Desenha água e açúcar mostrando as moléculas solvatadas de sacarose. Acrescenta que o solvato é neutro, portanto, a Solução de água e açúcar é eletricamente neutra. Continua escrevendo na lousa a classificação das Soluções em função da natureza do soluto.

b) Soluções iônicas: Podemos tê-las por dissolução de um soluto iônico ou por ionização de um composto covalente polar. No primeiro caso há um processo físico, no segundo há uma reação química. (Sublinhado nosso).

1. Dissolução de uma substância iônica:

O professor escreve a fórmula do cloreto de sódio (NaCl), desenha seu retículo cristalino e diz que o número de coordenação é seis. Isto significa que "cada átomo de Na é rodeado por seis átomos de Cl e cada átomo de Cl é rodeado por seis átomos de Na". Faz o desenho dos íons solvatados e acrescenta que "esta Solução é capaz de conduzir a corrente elétrica". A seguir se estabelece o seguinte diálogo:

P- Onde será mais fácil de quebrar: no caso molecular ou no iônico?

A1- No molecular.

A2- No iônico.

P- O que é mais forte, iônica ou covalente?

A1- Iônica.

O professor explica o que é um átomo neutro nos exemplos do Na e do Cl e mostra a ligação iônica entre eles explicando que *"A ligação iônica é uma união extremamente forte através de forças eletrostáticas. Portanto, a quebra de um retículo iônico é muito difícil de se realizar"*.

II: Ionização de uma substância molecular = Reação Química.

No exemplo da dissolução do HCl em água, o professor mostra, através das fórmulas e de desenhos, a formação dos íons hidroxônio e cloreto. Após esta explicação pergunta se há dúvidas. Faz ainda a ressalva de que este é um processo complexo e de que é praticamente impossível aprofundar seu estudo porque há muitos conceitos envolvidos, mas que não se pode deixar de discutí-lo porque disso dependerão muitas questões posteriores como aumento ou diminuição de volume na formação de uma Solução. Não há nenhuma manifestação dos alunos.

4) Em função da proporção entre soluto e solvente

a) Soluções diluídas.

b) Soluções concentradas.

c) Soluções saturadas.

d) Soluções insaturadas.

e) Soluções supersaturadas.

a) e b) são conceitos qualitativos. Dizer que a Solução é diluída ou concentrada é muito ambíguo, muito vasto. Por exemplo: 5g de açúcar em 1 litro de água é uma Solução muito diluída, 2g de açúcar em 1 litro de água é mais diluída ainda. Já 500g de açúcar em 1 litro de água é uma Solução concentrada.

c), d) e e) são conceitos quantitativos.

O professor pergunta o que é uma Solução saturada. Dois alunos respondem:

A1- Quando tem corpo de chão.

A2- Quando a água não dissolve mais.

A seguir, divide as 12 equipes que tinha formado na primeira aula em dois grupos de seis equipes cada um e pede que um grupo pense como prepararia uma Solução diluída e que o outro grupo pense como prepararia uma Solução saturada. A aula termina nesse instante.

TERCEIRA AULA

O professor começa a terceira aula escrevendo na lousa o que são Soluções diluídas e saturadas.

Soluções diluídas: são aquelas onde a quantidade de soluto é pequena em relação à quantidade de solvente. Geralmente considera-se diluída a Solução que apresenta até 10g de soluto por litro de solvente.

Soluções concentradas: Consideram-se aquelas que apresentam acima de 10g de soluto por litro de solvente.

P- Se eu pedisse uma Solução diluída sem especificar a massa a 12 alunos, certamente teria 12 soluções diferentes. Agora, se eu pedisse 1 litro de solução saturada de NaCl a 0 °C, será que vocês conseguem preparar essa solução com esses dados? Que você acha? (dirigindo-se a uma aluna).

A- Acrescentaria sal até saturar.

P- E que é saturar?

A- Até que haja corpo de chão.

P- Muito bem. E a temperatura? Como influi? Já viram preparar salmoura para fazer conservas? E o açúcar para preparar doces? Vamos pensar. Vamos! O outro segundo ano está melhor que vocês.

P- Bem, corpo de chão é aquilo que não pode ser mais dissolvido. E será que a temperatura influi? Vejamos. A idéia de dissolução é uma idéia intuitiva que vocês trazem de casa, do dia a dia, de que quando maior a temperatura, mais conseguem dissolver. Não são todas, mas para a maioria das substâncias, com o aumento da temperatura, aumenta a solubilidade. Como fazemos? Começemos por preparar água a 0°C.

Começa a explicação de como preparar uma Solução saturada de NaCl a 0°C. Desenha um recipiente contendo água, colocado dentro de outro maior com pedaços de gelo. Isto para que a água do recipiente interior atinja 0 °C. Explica que se deve acrescentar NaCl até que se forme corpo de chão, o que significa que a Solução sobrenadante está saturada e, posteriormente, filtrar tomando o cuidado de manter a temperatura a 0°C, pois se a temperatura aumentar, a solubilidade também aumenta. Após esse procedimento, tomando um litro se terá um litro de uma Solução saturada de NaCl a 0°C. Pergunta aos alunos como saber quantas gramas de sal estão contidas nessa Solução.

P- Que fazer então?

A1- Pesaria a Solução, sabendo que usei um litro de água. Subtraria.

P- Certo. É que outro jeito?

A2- Destilação.

P- E algo mais simples?

A3- Evaporação.

P- Sim. Muito bem, fazendo isso descubro que tinha 357g de NaCl. Então, que são esses 357g de NaCl? É a solubilidade de 357g de NaCl a 0°C.

P- (Ditando) Solução saturada é aquela que contém o máximo de soluto dissolvido numa determinada quantidade de solvente em determinadas condições de temperatura e pressão.

Obs: A partir do conceito de saturação define-se a solubilidade de uma substância.

Coefficiente de solubilidade (continua ditando) ou simplesmente solubilidade é a quantidade de uma substância, em gramas, necessária para saturar uma quantidade padrão de solvente (Em 100g ou 1000g ou 1 litro) em determinadas condições físicas de temperatura e pressão.

P- Então a solubilidade do NaCl a 0°C é de 357g/1000g de água ou 35,7g/100g.

P- Bom, com relação à solubilidade vamos dizer:

(Escrevendo na lousa).

1) Uma substância poderá ser classificada:

a) Muito solúvel: $S_{AgNO_3} 0^{\circ}C = 1220g/litro.$

b) Solúvel: $S_{KNO_3} 0^{\circ}C = 120g/litro.$

c) Pouco solúveis: $S_{CaSO_4} 0^{\circ}C = 2 g/litro.$

d) Insolúveis: $S_{AgCl} 0^{\circ}C = 0,014g/litro.$

2) Do que depende S (solubilidade).

P- Lembrem o exemplo do NaCl. E se eu usar açúcar, será o mesmo?

A- Não...

P- Claro que não! Os exemplos mostram que não! As substâncias moleculares são mais solúveis que as iônicas, e quanto mais complexo e maior o íon, menor a solubilidade.

Então...(Continua escrevendo na lousa).

a) Da natureza do soluto.

b) Da temperatura.

c) Do solvente ser apropriado ou não.

P- Bem, então é fácil agora, nós definirmos Solução saturada.

Retoma o desenho dos dois recipientes, um dentro do outro e diz que se for colocado 347g de NaCl no recipiente interior se obterá uma Solução saturada e pergunta o que acontecerá se se submeter essa Solução à evaporação até redução da metade do volume, ou seja, meio litro. Os alunos não respondem. O professor explica que se em 0,5 litro há 347g em 1 litro haverá 694g, portanto reduzindo o volume aumenta a concentração. Pergunta o que acontecerá se esse meio litro de Solução, que contém 347g de NaCl e que está quente pois foi submetido à evaporação, for resfriado de forma lenta e cuidadosa. Estabelece-se o seguinte diálogo:

P- Como vai ser essa Solução, gente?

A- Concentrada.

P- Sim, mas que outro jeito?

A- Supersaturada.

P- Certo! Eu tenho o dobro de soluto. Então, Solução supersaturada é aquela que contém maior quantidade de soluto dissolvido do que é necessário para a saturação.

P- O que acontece se eu provocar uma perturbação?

A- Aparece corpo de chão.

P- Certo, ela devolve soluto até a Solução sobrenadante se tornar saturada.

A- A metade de 357g.

P- Certo! E quanto permanece na Solução? E quanto vai precipitar?

O professor explica, através de cálculos, que se 357g de NaCl são necessários para formar um litro de Solução saturada, para meio litro são necessários 168,5g. Portanto, se em meio litro há 357g a solução será supersaturada, e, ao se provocar uma perturbação, 168,5g irão precipitar e 168,5 permanecerão na Solução. Os alunos mostram certo desconforto e o professor pergunta:

P- Quem é que se perdeu gente? Vamos recomeçar!

Volta ao desenho, repete toda a explicação novamente e pede para os alunos copiarem o que vai ditar.

Solução supersaturada: É aquela que contém dissolvida uma quantidade de soluto superior à que seria necessária para a saturação em determinadas condições de temperatura e pressão. As Soluções supersaturadas são geralmente instáveis sendo que qualquer perturbação provoca a precipitação do excesso dissolvido. Sua maior aplicação está nos processos de purificação e recristalização de substâncias.

A seguir mostra como se constrói, no laboratório, uma tabela e um gráfico de solubilidade utilizando, como exemplo, o nitrato de potássio (KNO_3) e acrescenta:

P- Curva de solubilidade é o gráfico que contém os coeficientes de solubilidade de uma substância em diversas temperaturas. Nós definimos o coeficiente de solubilidade a partir de saturação. Se a solubilidade expressa a máxima quantidade de soluto em dada temperatura, como serão os pontos no gráfico?

Primeiro exercício: Um técnico recebeu 4 Soluções de KNO_3 de concentrações e temperaturas diferentes. Usando a curva de solubilidade do sal, classifica-as em saturadas, insaturadas e supersaturadas. (Faz o gráfico e a tabela correspondentes ao exemplo).

Dita os seguintes exercícios:

2) A $60^\circ C$ foi preparada uma Solução saturada de KNO_3 misturando 345g de sal e 300g de H_2O . Responda:

a) Resfriando o sal até $20^\circ C$, qual a massa de KNO_3 que precipita?

b) Qual a massa de sal que permanece dissolvida a $20^\circ C$?

3) Misturam-se a $20^\circ C$, 0,5g de um soluto A e 100 ml de água ($d = 1,0$ g/ml).

Sabendo que a solubilidade de A, a $20^\circ C$ é igual a 3,0g/l. Responda:

a) A mistura obtida é homogênea?

b) Se não, qual a massa de corpo de chão obtida?

4) Sabe-se que a solubilidade do KNO_3 à $80^\circ C$ é igual a 170g/100g. Resfriando 1340g de Solução saturada de KNO_3 , de $80^\circ C$ até $20^\circ C$, qual a massa de sal que precipita?

5) Evapora-se completamente a água de 40g de Solução saturada de $AgNO_3$, sem corpo de fundo, e obtém-se 15g de resíduo. Calcule a solubilidade do $AgNO_3$ em g/100g de água na temperatura da Solução.

6) Deseja-se obter 5,00 Kg de KNO_3 puro por cristalização, a $0^\circ C$ partindo de uma Solução saturada a $60^\circ C$. Calcule:

a) A massa de Solução saturada que deve ser preparada a $60^\circ C$ para obter a massa de sal desejada.

b) Calcule a massa de sal e água contida nessa Solução a $60^\circ C$.

7) A tabela a seguir contém as solubilidades do KBr a diversas temperaturas (Desenha a tabela na lousa). Pede-se:

a) Traçar a curva de solubilidade do sal.

b) Verifique, por interpolação gráfica e através de cálculos, qual é a solubilidade do KBr a 10, 30 e $50^\circ C$.

Estes exercícios começaram a ser resolvidos nesta aula, mas isto não foi feito na sua totalidade. Os restantes ficaram para a aula posterior.

QUARTA AULA:

Esta aula transcorreu no laboratório. Primeiramente, o professor distribuiu as apostilas para as aulas práticas, deu as orientações pertinentes e, posteriormente, explicou os mecanismos de funcionamento das balanças de precisão.

QUINTA AULA:

Nesta aula, continuou-se com a resolução dos exercícios da terceira aula. O professor dava um tempo para os alunos resolverem sozinhos e, após esse tempo, ele mesmo começava a resolução na lousa. Houve pouquíssimas manifestações dos alunos no transcorrer desta aula, cujo tempo foi tomado na sua totalidade pela resolução dos exercícios.

SEXTA AULA:

Assim como a quarta aula, esta transcorreu no laboratório. O professor concluiu a explicação a respeito das balanças de precisão. Os alunos fizeram algumas práticas de pesagem. Posteriormente, trabalharam identificando o material volumétrico.

SÉTIMA AULA:

Um período de tempo desta aula foi utilizado na resolução dos exercício da terceira aula. Terminados os exercícios, o professor anunciou que começaria um sub-tema dentro das Soluções: UNIDADES DE CONCENTRAÇÃO. Iniciou este sub-tema escrevendo na lousa:

UNIDADES DE CONCENTRAÇÃO: São relações matemáticas que expressam a proporção entre soluto e solvente em uma Solução. As unidades mais empregadas são seis:

I: Concentração comum (g/l).

II: Título em massa e em porcentagem de massa.

III: Concentração molar ou Molaridade (mol/l)

IV: Concentração normal ou Normalidade (eq.g/l)

V: Fração molar.

VI: Concentração molal ou Molalidade. (mol/Kg)

I, II, III e IV são as concentrações que se utilizam para a análise quantitativa.

V e VI estão relacionadas com as propriedades coligativas.

O professor fala sobre ppm (parte por milhão) e da utilidade dessa unidade para cálculos sobre quantidades muito pequenas de substâncias (alimentos, ecologia, farmácia, cosméticos, etc.)

Concentração comum (C) Expressa a massa de soluto (em gramas) contida em 1 litro de Solução.

Exercício: Calcule a concentração em gramas por litro de uma solução que apresenta 60g de NaCl dissolvidas em 300 cm³ de Solução.

O professor resolve o exercício esclarecendo que o volume da Solução não é o volume do solvente, que m_1 = massa do soluto e que V = volume da Solução e dá a fórmula da concentração comum.

$$C = m_1 / V$$

Conclusão: A concentração comum de uma Solução é calculada pelo quociente entre a massa do soluto (em gramas) e o volume da Solução (em litros).

A seguir, anuncia aos alunos que explicará um conceito muito importante, DENSIDADE. Nos exemplos de NaCl em água, etanol em água, e H₂SO₄ em água, explica a densidade de uma Solução. Fala dos casos em que ao se adicionar uma substância à outra há contração de volume (álcool + água, ácido sulfúrico + água).

P- Ao juntarmos um sal mais água, o volume quase não aumenta, mas a densidade da Solução sim, então temos mais matéria por unidade de volume. Por que acontece isso? Por força da solvatação e da ocupação de espaços vazios.

No caso do cloreto de sódio há uma solvatação de íons, 6 moléculas de água para cada íon Na^+ e 4 moléculas de água para cada íon cloreto.

No caso do etanol mais água há formação de pontes de hidrogênio.

No caso do $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$, este não se solubiliza na água.

No caso do H_2SO_4 , a contração é maior porque há a formação de uma nova espécie química, $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$.

A densidade de uma Solução não é unidade de concentração mas uma propriedade da matéria. Ela expressa a quantidade de matéria contida num volume padrão de matéria. Por exemplo, 1 ml de água tem massa de 1,0g, 1 ml de etanol a 20 °C tem massa de 0,8g, 1 cm^3 de Al tem massa de 2,7g, 1 cm^3 de Au tem massa de 19,3g.

No caso das soluções, 1 cm^3 de Solução de NaCl tem massa de 1,15g, 1 cm^3 de solução de HCl concentrado tem massa de 1,20g, 1 cm^3 de H_2SO_4 tem massa de 1,89g.

Fórmula geral: $d = m/V$ (g/ml, g/cm^3 , Kg/l, KG/DM^3) onde:

a) Substâncias puras: $m =$ massa da substância pura.

$v =$ volume da substância pura.

b) Soluções: $m = m_1 + m_2$ (massa da Solução).

$V =$ volume da Solução.

$d = m/V$ ou $d = (m_1 + m_2)/V$.

A seguir, o professor dita os seguintes exercícios:

1) 50g de NaOH dissolvidos em 200 ml de H_2O fornecem 205 ml de Solução. Sabendo que a densidade da água pura é de 1g/l, calcule:

a) A densidade da Solução em g/l.

b) A concentração da Solução em g/ml.

2) Misturando 60g de NaCl com 240g de H₂O obtém-se uma Solução com $d = 1,15\text{g/l}$.

Calcule:

a) O volume da Solução em ml.

b) A concentração da Solução em g/l.

3) Calcule a massa de KNO₃ necessária para preparar 2.500 cm³ de Solução a 20g/l.

4) Uma Solução de barrilha (Na₂CO₃) tem concentração igual a 50g/l. Qual o volume de sal necessário para que, por evaporação, obtenhamos 7,5g de Na₂CO₃?

5) Dissolveram-se 50g de um soluto A em 700g de um solvente B, obtendo-se uma Solução de $d = 0,75\text{g/cm}^3$. Calcule:

a) O volume em cm³.

b) A concentração em g/l.

O primeiro exercício é resolvido pelo professor na lousa e, por falta de tempo, os restantes ficam para a aula posterior. O professor explica que as próximas aulas seriam dedicadas ao estudo de Título, Molaridade, Normalidade, Fração Molar e Molalidade, que para cada tipo de concentração seriam resolvidos exercícios e que, finalizado o estudo das unidades de concentração, haveria uma avaliação. Com respeito às aulas práticas, estas seriam dedicadas à preparação de Soluções de diferentes concentrações e à construção de tabelas e gráficos de solubilidade.

É necessário esclarecer que, como o que se procurou observar nas aulas foi o tratamento dado às relações conceituais que poderiam ser estabelecidas fundamentalmente no estudo do fenómeno da dissolução e a ação sistematizadora do professor em torno dos conceitos envolvidos na explicação de dito fenómeno e, como a esse aspecto, conforme foi observado, não foi dedicado muito tempo no transcorrer das aulas, considerou-se oportuno interromper a observação após a quinta e a sétima aulas que foram dedicadas, fundamentalmente, à resolução de exercícios, isto é, orientadas para o aspecto quantitativo das Soluções.

Pela descrição das aulas observadas é possível verificar-se que o professor foi coerente com o programa do curso (ver anexo II), que prioriza os aspectos quantitativo e macroscópico das Soluções (cálculos de solubilidade, construção de gráficos e tabelas, cálculos de concentrações, descrição macroscópica das dispersões) e que, mesmo dedicando algum tempo das aulas com explicações no nível microscópico, como foram a retomada da explicação das ligações iônicas e covalentes, isto foi feito de uma forma rápida e sem nenhuma participação dos alunos. É necessário dizer que, mesmo interrompendo a observação das aulas, o pesquisador continuou em contato com os alunos, visto que as entrevistas com eles foram realizadas a partir da segunda aula do professor. Sendo assim, o pesquisador teve oportunidade de ver o conteúdo da prova que foi aplicada após o estudo das unidades de concentração. As perguntas dessa prova corresponderam a exercícios de cálculo e, somente numa pergunta, os alunos foram também solicitados a dar explicações microscópicas a respeito de Soluções. Esta pergunta solicitava dos alunos explicações sobre por que ao se juntar H_2SO_4 à água o volume da Solução formada é menor que a soma dos volumes dos componentes separadamente. Foi possível observar, após a correção das provas, que a grande maioria dos alunos deixou essa questão em branco. Pensando na ausência de manifestações dos alunos no momento em que o professor falou sobre ligações químicas, formação de solvatos, ligações de hidrogênio, espaços vazios etc, pode-se concluir que essa ausência de manifestação não significava que os alunos estivessem entendendo e estabelecendo relações entre conceitos ensinados no ano anterior. É possível chegar a esta conclusão também pelas entrevistas com alunos dessa mesma classe, como será analisado posteriormente neste trabalho.

O aspecto mais relevante das aulas observadas foi a passividade dos alunos. Eles dificilmente se manifestavam e, quando o faziam, era a respeito da resolução dos exercícios, pois sabiam que estes constituiriam a maior parte da avaliação. Como apontado na descrição das aulas, quando o professor fazia perguntas, na maioria das vezes, ele mesmo as respondia sem esperar que os alunos se manifestassem. Isto pode ser exemplificado com a situação

criada na terceira aula, quando o desconforto dos alunos ficou evidente; o professor perguntou: "...quem se perdeu?" e, sem esperar resposta, repetiu toda a explicação, do começo ao fim e, sem verificar se os alunos tinham entendido na segunda explicação, continuou com o próximo assunto.

Ficou evidente, também, que a preocupação fundamental do professor era que os alunos aprendessem os aspectos quantitativos das Soluções; os únicos dois momentos em que ele deu algum tempo para os alunos pensarem foi quando perguntou, na segunda aula, como preparariam uma solução diluída e outra concentrada, e no começo da terceira aula, quando novamente preocupou-se que os alunos pensassem a esse respeito. Mas, mesmo preocupado com esse aspecto, ao sentir o desconforto dos alunos, repetiu a explicação sem dar a eles a oportunidade de se manifestarem.

Outro conceito que mereceu uma abordagem apenas quantitativa foi Densidade. Assim como a dissolução, densidade é um conceito que pode-se configurar como um momento apropriado para o tratamento microscópico dos fatos químicos mas, no processo de ensino observado, tal conceito foi abordado de uma forma empírica e, conseqüentemente, contribuindo muito pouco para o desenvolvimento do pensamento teórico dos alunos.

As aulas foram "densas" no sentido de que o professor falou muito e, praticamente, sem intervalos. Entretanto, o esforço intelectual dos alunos foi dirigido, fundamentalmente, no sentido de lembrarem de fórmulas, gráficos e realizarem cálculos matemáticos.

Observou-se, também, uma grande preocupação dos alunos em copiar no caderno tudo o que o professor falava ou escrevia na lousa. Isto, talvez, porque mesmo o professor utilizando o livro do Feltre para organizar suas aulas, os alunos não tinham a obrigação de comprá-lo. Portanto, as anotações que faziam em sala de aula constituíram o material de estudo para as avaliações.

É possível concluir-se que as aulas observadas evidenciaram as mesmas tendências gerais que emergiram das entrevistas com professores com relação ao ensino de Soluções, isto é:

* Abordagem basicamente quantitativa do tema.

* Relevância dos aspectos macroscópicos das Soluções (visibilidade ou não das partículas, homogeneidade ou heterogeneidade das dispersões).

* Pouco esforço do professor na ação sistematizadora de conceitos ensinados anteriormente, o que conduz, muito provavelmente, a que o tema contribua pouco para a sistematização de conhecimentos químicos para os alunos.

Convém também observar que, apesar da potencialidade dos alunos, já mencionada e demonstrada nas respostas dadas ao teste 2, e da disponibilidade, por parte da pesquisadora, de levar ao conhecimento do professor os dados coletados, este não os considerou importantes como elementos significativos para a organização do processo de ensino que desenvolveu com esses alunos. Da mesma forma, mesmo mantendo conversas informais com a pesquisadora a respeito das questões de ensino-aprendizagem de Soluções o professor não se mostrou disposto a ser entrevistado. Todavia, forneceu o programa à pesquisadora e permitiu-lhe assistir às aulas.

Este professor é mestre em Química Orgânica e tem 15 anos de experiência pedagógica.

V.III ANÁLISE DOS DADOS DAS ENTREVISTAS COM ALUNOS

Apesar de o ensino não ter priorizado a dimensão teórica, procurou-se, nas entrevistas com os alunos, explorar a potencialidade manifestada no teste 2, e, através de *pistas*, contribuir para a sistematização de noções anteriores fundamentais para a compreensão de Soluções.

Vale lembrar que o objetivo das entrevistas foi obter dos alunos (25% do total) informações mais detalhadas em relação às que são possíveis obter através de um teste escrito.

Estas entrevistas, como já foi dito, foram gravadas e transcritas. Uma primeira leitura foi realizada listando as idéias mais comuns emergidas das mesmas. Posteriormente,

considerando que o foco de interesse centrou-se na interpretação dos alunos sobre o fenômeno da dissolução e sobre a sua natureza, foram destacadas, para cada aluno, as suas idéias a este respeito, analisando-se, a seguir, semelhanças e particularidades das concepções surgidas.

V.III.1 CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A DISSOLUÇÃO DO SAL EM ÁGUA

Os nove alunos entrevistados disseram que na água o sal se dissocia e forma íons, o que confirmou as respostas que deram ao teste 2. Da mesma forma, a maioria (64 %) atribuiu à existência de espaços vazios nas substâncias e ao tamanho das partículas (44 %) a causa da dissolução e da formação de uma mistura homogênea. A insistência de muitos entrevistados em considerar o tamanho (pequeno) das partículas um fator importante que possibilitava a dissolução pode ser atribuída, como já foi observado na análise do teste 2, ao fato de que, na primeira aula do ensino de Soluções, o professor distribuiu aos alunos uma tabela de classificação das dispersões de acordo com o tamanho das partículas, fazendo, também na segunda aula, um comentário detalhado dessa tabela.

Com respeito à indagação sobre as possíveis mudanças que aconteceriam com o sal (NaCl) e com a água (H₂O) na dissolução do sal, a maioria das respostas demonstrou que os alunos, mesmo afirmando que a dissolução tinha ocorrido "*na água*", não admitiu que o fenômeno era causado pela interação entre as duas substâncias. Alguns chegaram a declarar que a água não era importante nesse processo. A expressão utilizada com frequência para explicar as mudanças na água era que "*ela ficava salgada*". Nenhum entrevistado falou em solvatação de íons, o que evidencia uma concepção macroscópica da dissolução. Apesar dos alunos evidenciarem saber que "*o sal se dissocia em íons na água*", os dados indicam que eles atribuem à água um papel secundário (Cachapuz and Martins, 1988).

A seguir, são apresentados alguns trechos de entrevistas que ilustram estes comentários:

Hemerson:

E- Se eu tenho um copo com água e coloco uma colherzinha de sal lá, na água, ela está lá, fica até salgada - você falou - não falou?

Hemerson- Exatamente.

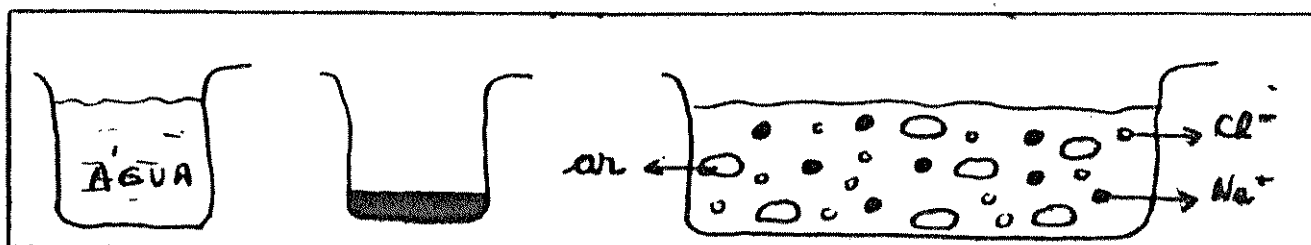
E- E, agora, você colocou aqui (assinalando a equação $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) ions sódio e cloreto, certo? E a água, onde que ela está?

Hemerson- (Silêncio prolongado). Bom, ai eu não sei...(...). Bom, eu acho que ela só tem a utilidade de separar os ions que estão ai...

Este exemplo parece ser ilustrativo de que o aluno não admitia a interação água-sal no processo da dissolução.

Este foi o único aluno que não falou na existência de espaços vazios e, ao mesmo tempo, foi o único que desenhou "ar" junto aos ions na solução água-sal. Poderia isto ser interpretado como uma evidência de que o aluno entende espaço vazio como ar?

Desenho feito por **Hemerson**:

**Fábia:**

E- E se a gente pudesse "ver" a água, será que aconteceu alguma coisa com ela ou não?

Fábia- (Silêncio). Táí uma coisa que precisaria pensar...Eu acho que sim, mas não sei explicar exatamente o que que mudou na água...Não sei, talvez seja, como já disse, dos ions terem-se misturado nela, terem-se espalhado nela, terem alterado alguma coisa na constituição dela. Mas eu acho que não.

E- Ahá. Então qual seria o papel da água nessa estória toda?

Fábia- Eu creio que é como se os íons entrassem nos buracos que têm entre as moléculas de água. Eu creio que a água serviria aí como encaixe pros íons, para eles ficarem dispersos.

E- Você falou que entra nos buracos que têm dentro da água?

Fábia- É.

E- Que buracos são esses?

Fábia- Os espaços vazios que há entre as moléculas de água.

E- Existem espaços vazios?

Fábia- Uhm! Porque senão seria sólido.

E- Um sólido não tem espaços vazios?

Fábia- Não. Eu creio que tenha, mas a distância é muito pequena, são muito mais unidos. (...)

E- Você falou em espaços vazios. Que são espaços vazios?

Fábia- Ah, seria como um...uma molécula está unida a outra, por estar em forma líquida eu creio que deve haver um espaço entre elas para permitir a movimentação, porque senão o líquido não movimentaria, seria como um sólido, o espaço eu creio que é mínimo.

Esse trecho da entrevista da **Fábia**, além de evidenciar que aqui também não está claro o papel da água, parece demonstrar que o conceito que a aluna tem de espaço vazio está mais relacionado com o estado de agregação da substância, e não com a natureza da estrutura da matéria.

Ainda esta aluna, mesmo utilizando o termo "interação" para explicar o fenômeno da dissolução, ao tentar explicar essa interação, argumenta que é o tamanho das partículas que a possibilita. Em nenhum momento ela faz menção à natureza das partículas, ou seja, ao tipo de ligações entre seus átomos, como fator condicionante dessa interação. A aluna procurou, ainda, através de um exemplo, demonstrar as suas idéias:

Fábia- Eu acho que se não fossem do mesmo tamanho seria como NESCAU. NESCAU com água, ele não ocupa todo o espaço...eu acho que as moléculas de NESCAU são maiores que as do sal, por isso que elas não se encaixam perfeitamente nos espaços vazios".(...)

E- Você acha importante o tamanho das partículas para a dissolução? Para que se dissolva uma coisa na outra?

Fábia- Ahá. Eu creio que sim, porque senão certas substâncias que nem...eu acho que as moléculas de óleo são bem maiores do que as de água, porque senão qual o motivo para não haver interação entre elas?

E- É. Talvez possa ter outros...

Fábia- Tem? (Risos)

A respeito do fenômeno da dissolução do sal na água, num primeiro momento, o aluno **Leandro** confirmou o que tinha manifestado no teste 2: *"a água não sofreu alterações, mas a ligação, ou melhor, as ligações entre Na^+ e Cl^- foram quebradas"*. A seguir a entrevistadora tentou, através de algumas pistas, levar o aluno a uma explicação microscópica do fenômeno relacionada com a natureza das ligações químicas no sal e na água. No entanto, este procedimento, no caso específico deste aluno, pareceu deixá-lo nervoso e numa atitude de "adivinhação" das respostas corretas.

E- Essa ligação é de que tipo?

Leandro- Essa aqui? (Mostrando a fórmula do NaCl)

E- É.

Leandro- Covalente.

E- Entre o sódio e o cloro a ligação é covalente?

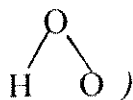
Leandro- É...Não, não! Iônica! Eh! Pára com isso Leandro!

E- E aqui? (Mostrando a fórmula da molécula de água)

Leandro- Ai, aqui sim é covalente. Aqui é covalente.

E- E covalente de que tipo, porque nós temos dois átomos diferentes...

Leandro- Ahá! Covalente polar. (O aluno desenha a molécula de água da seguinte maneira:



E- Olha o desenho que você fez: escreveu uma fórmula e olha o desenho.

Leandro- Nossa senhora! Agora que eu vi. Totalmente errado! São dois H e um O.

Finalmente, a entrevistadora mostrou ao aluno a representação da interação entre água e sal. O aluno disse ter entendido, mas este fato não pareceu ter sido suficientemente convincente, pois o aluno só conseguiu explicar aquilo que ele pensava anteriormente:

E- Então como você entende esse "disseminar"? (O aluno tinha dito que o sal ficava disseminado na água).

Leandro- Bom, eu pensava...justamente isso, estão as moléculas de água, ocorre a quebra da ligação e fica cada um espalhado, sem...interagir.

A aluna **Gláucia** demonstrou ter idéia do caráter limitado das representações químicas com respeito à complexidade dos fenômenos:

E- Bem, você diz aqui que a ligação é desfeita e que isso é feito pela água. Como você imagina isso?

Gláucia- Ah, eu imaginei que entre a molécula, entre assim, a matéria, ela não é assim, tem muitas zonas, não é toda ocupada. Entre a eletrosfera, que é onde ocorre a ligação, tem um espaço. Então, quando coloco a água, a água vai impedir a ligação da eletrosfera que ela tem... ocupando né? Fazendo com que eles não possam mais se unir.

E- Agora você disse que há espaços. Você poderia me explicar como você entende isso de espaços vazios?

Gláucia- *Ai eu estava pensando, porque tem o núcleo e tem a eletrosfera, e eles não são juntos. Tem um espaço entre o núcleo e os elétrons.*

E- *Isso pensando no átomo.*

Gláucia- *É.*

E- *É entre uma molécula e outra há espaços também? Ou não?...Entre uma molécula de água e outra há espaços também, ou não?*

Gláucia- *Acho que sim, porque os átomos continuam lá, e você tem um que está associado ao outro, estão juntos, eu acho...*

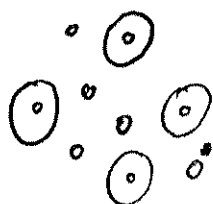
E- *Então como você desenharia uma molécula de água? Pensando nesses espaços vazios que tem dentro dela.*

Gláucia- *(Desenhando) Aqui tem oxigênio, aí então tem os elétrons dele - aqui, bonitinho - e aqui teria o hidrogênio, que também tem os elétrons dele.*

E- *Ahá.*

Gláucia- *Tem uma força que atrai, mas aqui vai continuar tendo o espaço e aqui espaço. (Mostrando o desenho)*

Desenho feito por **Gláucia**:



E- *Está bem. É difícil imaginar assim o átomo, as moléculas?*

Gláucia- *Ah...a gente...eu nunca vi, né?*

E- *Ninguém.*

Gláucia- *Ninguém viu, então você tem idéia porque os outros dizem que é desse jeito, então você começa a formar...daquele jeito que dizem que é. Às vezes torna um pouco difícil...*

E- *É você tem dúvidas às vezes de que isso seja assim?*

Gláucia- Hum...por enquanto...já que tudo dá certinho, tudo tem uma confirmação razoável, acho que...pode ser que não seja, não exatamente, mas seja bem próximo

A fala da aluna Gláucia parece contradizer a opinião tão frequente entre os professores de que "não tratam os aspectos microscópicos da Química, porque os alunos não têm base para isso". Ela expôs com tranquilidade suas idéias e suas dúvidas a respeito de espaços vazios, de ligações químicas, das limitações dos modelos científicos; o que nos leva a pensar - sem deixar de considerar as diferenças entre uma situação de entrevista e a de sala de aula - que é possível, mediante uma ação pedagógica sistematizadora, tratar os aspectos microscópicos com o aluno, o que contribuiria para a formação do seu pensamento teórico.

A aluna **Raquel** entendeu o processo da dissolução como partículas de uma substância que se encaixavam em outras, nos espaços vazios desta última, e fez referência a uma interação de nível microscópico que, mesmo sem ser adequada, era coerente com os desenhos feitos no teste 2.

E- ...Esse "encaixe", você poderia me explicar como é isso de "se encaixam"?

Raquel- Ah, eu coloquei como se fossem assim; os íons da molécula, né? Na hora da ligação, eles saíam, assim é como se eles...porque eles são bem menores, eles entravam naquela parte que há, naquele vazio que há entre as moléculas. Na hora em que eles entravam, então não mudaria, encaixava, misturava só a substância, não haveria separação. Então, são íons que penetram junto com outras substâncias, íons de uma molécula junto com outra.

E- Por exemplo? Me dá um exemplo.

Raquel- Sal e água, açúcar e água...que é uma troca de íons. Então fica aquela ligação...eh...covalente que os íons ficam girando cada hora para um lado, mas mesmo assim é uma ligação.

A aluna concluiu que no caso de sal na água se estabeleceu uma ligação química. Já no caso do açúcar em água, não considerava que havia uma reação química "porque as moléculas de sacarose são maiores", o que parece evidenciar que, mesmo considerando a existência de espaços vazios e a formação de íons (para a aluna toda ligação química tem íons), ela condicionava a interação entre as partículas ao tamanho das mesmas.

Ao ser solicitada a representar a dissolução do sal na água através de uma equação química, a aluna completou a equação da seguinte forma: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{HCl}$, ao que se seguiu o seguinte diálogo:

Raquel- Este aqui positivo, positivo e negativo, negativo. Então troca os íons, né? Ai você troca. Põe o negativo e então vai ficar HCl^+ ...ah, sei lá!

E- Mas Raquel, quando você coloca sal de cozinha na água dá ácido?

Raquel- Não...Então, é isto que eu estou falando, que eu não sei nada! Gente! Eu esqueci!

Esta representação da dissolução do NaCl em água ($\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{HCl}$), feita também por **Hemerson** durante a sua entrevista, evidencia que, ao se escrever o primeiro membro de uma equação química, alguns alunos tendem a completá-la como reação de dupla troca, num procedimento mecânico. A origem de tal procedimento está, certamente, nos livros didáticos, que no capítulo dedicado às reações químicas tratam das reações de dupla troca sem discutirem adequadamente quando estas acontecem e quando não. Quando os alunos eram solicitados a representar a dissolução do sal na água através de desenhos de recipientes contendo essas substâncias, e não em forma de equação, estes mesmos alunos (**Hemerson** e **Raquel**), assim como todos os outros entrevistados, não disseram que ao se colocar sal na água se forma óxido e ácido. Isto mostra como o nível representacional no ensino de Química é tratado inadequadamente. Os alunos "cristalizam" a idéia de que uma equação se completa sempre "trocando os íons", o que os leva a não refletir sobre a natureza

química das substâncias representadas e concluir inadequadamente, como no caso de **Hemerson e Raquel**, que sal mais água forma óxido e ácido.

A aluna **Fabiana** demonstrou ter muitas dificuldades na compreensão microscópica do fenômeno da dissolução. Além disso, não conseguia relacionar a natureza das ligações químicas dos compostos com a possível interação entre eles:

E- Você diz "dissocia". É o que a água tem a haver com isso?

Fabiana- Ah! entendi agora. Se a água tem a haver com o processo de dissociação dos íons?

E- É.

Fabiana- Tem!...Ai já tem a haver com a polaridade da ligação, né?

E- Ah, sim.

Fabiana- Então, não estava lembrada disso. Tem a haver muito com a polaridade aí...

Porque a água é polar e...deve ser polar também o NaCl?

E- O NaCl é iônico.

Fabiana- É iônico...

E- É um composto iônico.

Fabiana- Iônico não tem polaridade.

E- Mas iônico tem íon positivo e íon negativo.

Fabiana- Não mas...É.

E- É a água é uma molécula polar, como está dito aqui, no mesmo teste. Então aí, como é que eles vão interagir, como você imagina?

Você quer desenhar, se te ajuda...

Fabiana- Ah! Posso desenhar. (A aluna desenha) Tem o Na que é positivo, tem o Cl que é negativo...É...bom acho que no caso daí, por ser eh...um íon positivo e um negativo, eles vão estar mais presos, né? Agora não sei, eu sei que a molécula de água vem aqui e vai quebrar essa ligação, só isso... Como, esqueci.

E- ...A água vem e quebra, e que tem a haver o positivo, o negativo, a polaridade da molécula nisso?

Fabiana- Ah! Então! Eh...esqueci esse negócio de polaridade.

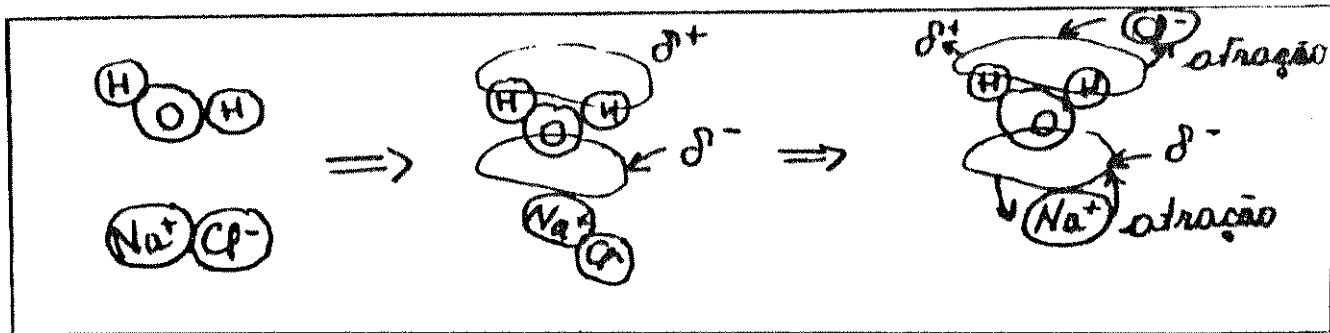
E- Tudo bem.

Fabiana- Não lembro como é que é.

O aluno **Herculano** explicou a dissolução do sal na água pela existência de espaços vazios no átomo e não entre as moléculas. Isto é decorrente, muito provavelmente, do ensino, que enfatiza o átomo e não a molécula. O problema dos espaços vazios no átomo e entre as moléculas não é um lugar muito "tranquilo" no ensino de Química, pois ainda tratando-se, em ambos os casos, de uma abordagem microscópica das partículas, os espaços vazios entre as moléculas estão relacionados com a substância, com suas propriedades físicas e com seu estado de agregação. Falar de estado físico ou propriedades físicas do átomo não tem significado. O ensino destes conceitos exige uma relação dinâmica da compreensão macroscópica e microscópica dos fenômenos, o que, por sua vez, não pode prescindir da utilização de modelos. Por isso não procede, aqui, a expectativa de que os alunos do ensino médio tenham uma visão clara a este respeito; cabe ao ensino contribuir, senão para esclarecer, pelo menos para expor a questão.

Ainda a respeito da explicação dada por **Herculano** sobre a dissolução do sal na água, ele reportou-se às ligações químicas, iônicas no sal e covalentes na água para explicar a dissolução. As respostas mostraram-se coerentes com as respostas e os desenhos por ele feitos no teste 2.

Desenho feito por **Herculano**:



E- ...O que é isso de espaços vazios? Eu vejo pelo seu desenho. Pelo seu desenho dá para entender. Entre essas moléculas de água há espaços vazios, e aqui - você fez bem o desenho, né? - esses espaços estão agora ocupados por íons, não é? E todo tipo de substância tem espaços vazios?

Herculano- Acredito que sim.

E- E como você imagina esses espaços vazios? Que é isso?

Herculano- Bom, são os átomos...por exemplo dois átomos, né? e eles ficam a uma certa distância para manter o equilíbrio. Se chegam muito as forças eletrostáticas vão causar um desequilíbrio e essa distância entre eles vai ser o espaço vazio.

E- ...E dentro da molécula de água há espaços vazios, dentro dela?

Herculano- Ahá! Os prótons no meio e os elétrons em volta dos prótons.(...)

E- Na outra pergunta que fala da..."dissolve-se sal na água" e pergunta se os componentes iniciais sofreram alguma mudança, e você diz "Sim, o sal, NaCl irá dissociar-se em íons Na⁺ e Cl⁻". Certo. A água tem a haver com isso? Porque aqui fala dos componentes iniciais, ou seja, sal e água e você só fala do sal. Que aconteceu com a água?

Herculano- (Silêncio prolongado). A molécula de água, ela é polar. Então os íons do sal, o sódio positivo e o cloro negativo, eles vão ser atraídos pelos polos das moléculas de água...(Desenhando) Ficaria a água aqui, mais longe dos hidrogênios. Bom, ela é polar.

Hidrogênio aqui, com um certo polo positivo e aqui negativo, aí vem o sódio... não, o sódio do outro lado, ele é positivo... sódio e aqui o cloro.... Eles vão ficar mais ou menos alinhados.

O aluno **Fábio** explicou a dissolução do sal na água pela existência de espaços vazios e pelos tamanhos "diferentes" das moléculas, o que facilitaria a penetração de umas nos espaços vazios das outras.

Ao ser indagado sobre se toda matéria tem espaços ele respondeu: "*Sim, não vou falar igual a Aristóteles falou, que a matéria é contínua*". Isto demonstra que este aluno tem algum conhecimento sobre a discussão histórico-filosófica da estrutura da matéria.

Ao ser-lhe colocado o exemplo de água e óleo, que também têm espaços vazios e, no entanto, não formam uma Solução, ele se reportou à polaridade ou não das substâncias:

Fábio- Ah! Mas aí, eu acho que dependeria do tamanho também desses espaços, né? Além disso, também, se mistura água e óleo, não se mistura, né? Porque para se misturarem teriam que ser um solvente polar com um polar, apolar com apolar, aí não seria esse caso.

E- Por que que polar com polar? Por que tem que haver uma relação entre um e outro? Tem que ser polar com polar, apolar com apolar. É que tem a haver isso? Está entendendo?

Fábio- Sim, sim. Polar com polar... bom... acho que teria que ser polar com polar porque quando é polar as forças entre as moléculas não seriam nulas, né? Haveria uma força, para compensar isso teria que ser, acho que, uma outra polar também. No caso de uma apolar, não haveria assim... na resultante final, não haveria eh... forças de ligação entre elas e teria que ser, acho que uma apolar também, se fosse polar... Acho que é isso.

Mesmo valendo-se da polaridade ou não das substâncias como condição para a dissolução, o aluno não tinha clareza da interação sal-água, da importância da água nessa interação e da existência de cargas elétricas que geram a atração entre as partículas.

E- Bem, você diz que o cloreto de sódio se separa. E a água? Que papel ela tem aí?

Fábio- O papel que ela exerceria nessa quebra, né? Eu acho que todo o processo deve ser por causa que a água, acho né? deveria ser um composto de bastante força, né? Na hora que você joga essa substância, acho que deveria haver uma quebra porque...acho que porque a água é um composto com bastante força, né? que ela é meio polar mesmo, a água, e jogando o NaCl que é o sal, acho que haveria a quebra que seria um composto mais fraco.

E- Mais fraco?

Fábio- É. Acho que sim...

E- Bom, vamos escrever aqui Na^+Cl^- , não vamos desenhar todo o retículo. Como será que a água vem aqui e faz essa quebra? Como será que acontece isso?

Fábio- Ah! Eu acho que entre o Na e o Cl tem uma ligação e a água...hum...acho que só o fato da água estar ali presente seria o suficiente, bastasse para quebrar essa ligação do NaCl. Uma proximidade eu acho assim...

Este aluno declarou ter dificuldades para desenhar, da mesma forma que no teste 2 ele escreveu "Não sei" nos espaços dados para tal.

E- É...Aí novamente você não fez o desenho.

Fábio- Ah, é!

E- É difícil desenhar...

Fábio- Ah, sim, igual eu disse na outra vez, tenho uma noção mas não tenho esquematizado.

A aluna **Marisa** não conseguiu explicar com mais detalhes o que escreveu no teste 2, ou seja que "o sal se dissolveu e seus íons se espalharam pela água, ocorreu a dissociação da molécula apenas" Explicou que "o sal se encaixava nos espaços vazios da água", e que esse encaixe era devido a que "não acontecia uma combinação entre os átomos, era só uma Solução, uma mistura".

E- Acontece alguma coisa com a água? Os componentes iniciais são quais? Sal e água. Se eu dissolvo sal na água, acontece alguma coisa com o sal, acontece alguma coisa com a água?

Marisa- Acho que não. O sal só se dissolveu, mas não...mas acho que não teve ligação...sei lá! Mas ele tem ligação iônica...não sei...Ah! acho que não.

E- Imagine em termos de partículas, porque bom...a olho nu a gente vê a água, o sal, dissolve e pronto. Mas pensa na molécula, pensa na partícula de sal...Você quer desenhar?

Marisa- Não. Não sei o que vou desenhar.

E- Por exemplo:(a entrevistadora desenha). O retículo cristalino do cloreto de sódio, tem uma forma cúbica, não é?

Marisa- Uhm.

E- ...Então você tem os íons positivos e tem os negativos em torno deles, não é?...A molécula de água, ela é polar, não é? Não é polar? Você lembra?

Marisa- Uhm.

E- Então, será que há alguma relação entre a estrutura da molécula de água, que é polar (a entrevistadora desenha a molécula de água), aqui está o polo positivo, aqui o negativo. Será que tem alguma coisa a haver isso? Ou você acha que não? Porque dissolver, se dissolve, mas imaginando as partículas, que você acha, tem ou não tem alguma relação?

Marisa- (Silêncio). Ah! Elas vão...não, porque elas vão...os íons vão soltar, né?

E- Vão.

Marisa- Ai...(Silêncio) Ah! não sei.

E- Você não está conseguindo explicar, ou você não tem idéia de como acontece?

Marisa- Ah...sei lá!

E- Bom, você não fez nenhum desenho.

Marisa- Então, porque não entendi direito.

E- Mas agora você está entendendo o que eu quero dizer?

Marisa- Mais ou menos...

E- Mais ou menos. O que é que você não entende?

Marisa- Ah! Não sei o que vai acontecer...Não sei...composto iônico...

V.III.2. CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A NATUREZA DO FENÔMENO DA DISSOLUÇÃO DO SAL EM ÁGUA

A pergunta sobre se o fenômeno da dissolução - inicialmente do sal e, posteriormente, do açúcar - era um processo físico, químico ou ambos foi incluída no teste 2 como, também, discutida nas entrevistas. Não por se considerá-la fundamental no ensino de Soluções, visto que a dissolução é um processo físico-químico complexo e uma classificação daquele tipo não contribuiria para a melhor compreensão deste fenômeno. Ao contrário, limitaria uma visão mais completa. Dito com outras palavras, para se compreender a dissolução não é necessário classificá-la. A pergunta foi incluída principalmente para verificar os critérios que os alunos têm para classificar os fenômenos.

A discussão histórica havida em torno deste fenômeno foi uma discussão teórica. Foi um exemplo de como, no estudo do objeto de conhecimento onde se parte do concreto dado e se chega ao concreto através do abstrato, é possível dar explicações diferentes desse objeto dependendo da direção que se tenha dado ao processo de análise. A teoria física das Soluções explicou alguns fatos, mas não todos, a teoria química explicou outros. Mas ambos os casos são ótimos exemplos da relação das dimensões empírica e teórica do conhecimento.

Hemerson:

E- É um fenômeno físico, você disse.

Hemerson- É, porque ele é reversível, né? Uma vez que você pode separar a água do sal.

E- Ahá. Para ser um fenômeno químico teria que haver o que?

Hemerson- Ah! Eu acho que teria que haver...modificar bastante o sal...se dissolvesse em alguma coisa que não fosse água...Acho que haveria uma mudança bem grande no cloreto de sódio para não ser mais reversível...

Fábia:

E- Bom, aí você disse que o fenômeno é físico e químico "pelo fato de que nesse fenômeno ocorre uma mistura, um processo no qual as substâncias se unem para formar outra, mas esse fenômeno é reversível, exemplo: o sal de cozinha é extraído da água do mar". Quem se uniu para formar o que?

Fábia- Eh...eu acho que aí não formou uma outra substância, continua sendo a mesma, que nem o sal, NaCl e a água, elas se uniram, mas de uma certa forma eu não sei se elas criaram, eu acho que criaram uma outra, que aquilo lá não é um sal, mas também não é água, os dois se misturaram...Agora, talvez fosse uma só, como as duas são sal e água, ou água com açúcar, continua sendo as mesmas...ou uma mistura das duas...

E- Então você não sabe...não tem...

Fábia- ...certeza...

E- ...se formou ou não uma nova substância.

Fábia- Não...eu desconfio que sim...porque ela não...é a mesma substância, a água com sal não é o mesmo que o sal, não é a mesma que a água, é a união das duas...

E- Então é por isso que o fenômeno é químico?

Fábia- Ahá!

E- Por outro lado, você diz "o sal é extraído da água do mar".

Fábia- É. Por isso ele também é físico.

Observa-se que na dúvida sobre se se teria formado ou não uma nova substância, a aluna não evocou a constância das propriedades físicas, através das quais define-se uma substância.

A afirmação, pela aluna, de que o fenômeno era físico, se apoiava no fato de que "o sal era extraído da água do mar". Acreditando não haver reversão no caso do açúcar, a aluna dizia que era químico.

O aluno **Leandro** mudou a idéia manifestada no teste 2 sobre a natureza do fenômeno no transcorrer da entrevista, mas mostrou-se confuso ao tentar dar uma outra explicação:

E- Você diz que o fenômeno é físico e químico. Químico porque ocorre a quebra da ligação...

Leandro- É. Ai essa última...

E- ...e físico porque de sólido, o NaCl passou a líquido. O que você poderia me dizer dessa resposta? ()*

Leandro- (Silêncio). É só químico.

E- É só químico. Por quê?

Leandro- Porque ocorreu a quebra das ligações. É físico...não, porque eles continuam...você vê que as partículas estavam agrupadas...só que depois que reagiu com a água, cada partícula tem em volta, envolta por água...não, acho que não consegui passar bem minha idéia. (Silêncio). Ah! é só químico.

E- É só químico?

Leandro- Agora acho que sim. (Silêncio). Não sei...

E- Para ser físico teria que ser o que? Acontecer o que?

Leandro- Mudar de estado. Mudar de estado físico, sólido, líquido, gasoso...

É interessante observar que num primeiro momento (*) o aluno diz que o NaCl passou de sólido a líquido ao se dissolver. Esta idéia, bastante difundida entre os alunos, e, inclusive,

entre os professores, é incorreta quimicamente porque a mudança de estado físico é uma característica das substâncias e suas misturas. O que acontece com o NaCl ao ser dissolvido na água é que ele se dissocia em íons e não é correto falar em "estado físico dos íons": os íons não são sólidos, líquidos ou gasosos. Os íons são uma forma de existência da matéria para a qual não tem sentido falar em estado físico. É possível observar que afirmação semelhante é feita por Piaget e Inhelder, no trabalho "O desenvolvimento das quantidades físicas na criança". Segundo estes autores: *"...o caso da dissolução do açúcar na água constitui uma mudança de estado da matéria (sublinhado nosso) e, portanto, uma transformação muito mais profunda."* (Piaget e Inhelder, 1975, p.109).

Quando o aluno diz que a mudança de estado é um fenômeno físico, ele está correto, mas as mudanças de estado físico são a manifestação macroscópica do fenômeno. Como foi discutido na análise do teste 2, a interpretação microscópica de um fenômeno, seja ele físico ou químico, demanda a explicação do que acontece com as partículas microscópicas (átomos, íons, moléculas) e, aqui novamente, observa-se a ênfase que o ensino dá ao aspecto macroscópico dos fenômenos e suas manifestações sem, no entanto, procurar interpretá-los.

A idéia de que a formação de íons numa Solução é uma mudança de estado físico também se observa no discurso da aluna **Gláucia**:

E- Você diz que o "fenômeno é físico porque não houve perda de material, não se formou uma nova substância com novas propriedades e é possível reverter o processo evaporando a água, e assim teremos novamente as duas substâncias". Você continua pensando que o fenômeno é físico?

Gláucia- Continuo.

E- Para ser químico o que deveria ter acontecido?

Gláucia- Porque aí eu disse que ele é físico porque se eu retirasse as moléculas de água que estão impedindo essa ligação, a ligação vai ocorrer novamente e a substância vai ser a mesma de novo, então a única coisa que aconteceu foi uma mudança no estado físico dela.

Elas se separaram, mas isso pode voltar a acontecer. Se fosse químico, não seria só uma questão de não poder ela se unir. Seria porque aconteceu...a substância mudou. Mudou, então não poderia mais reverter esse processo.

As alunas **Raquel e Fabiana** também disseram que a dissolução do sal em água é um fenômeno físico porque é possível separar os componentes.

Quanto ao aluno **Herculano**, ele se retratou do que tinha dito no teste 2 a respeito da natureza do fenômeno e, mesmo sem falar em partículas ao diferenciar um fenômeno físico de um fenômeno químico, não se reportou à reversibilidade do fenômeno mas à formação ou não de uma nova substância.

E- E todo esse fenômeno aí, ele é físico e químico, você disse...

Herculano- Eu disse que era os dois.

E- É. Os dois.

Herculano- Mas agora eu digo que é químico, porque mudaram as substâncias né? O sódio mais e o cloro menos, é diferente do sal, cloreto de sódio. Eu disse que era os dois mas...agora, pensando um pouco mais eu acho que o fenômeno é químico.

E- E o que seria um fenômeno físico?

Herculano- Ia mudar só a característica, uma propriedade do sal, ele ia continuar sendo sal, quer dizer ia mudar só uma propriedade, ele é sólido, ia se tornar líquido, alguma coisa assim.(...)

E- Como você define fenômeno químico?

Herculano- Quando ocorre mudança da substância.

E- É. Mas têm mudanças e mudanças né?

Herculano- Uma mudança...como é que eu vou dizer...num fenômeno físico ia haver uma mudança, só que a substância continua sendo a mesma, só que no fenômeno químico não, já é outra substância que vai se formar.

O aluno **Fábio** concluiu que havendo quebra da ligação com formação de íons o fenômeno é químico.

A idéia de que a mudança ocorrida no fenômeno químico era diferente, também foi evidenciada pela aluna **Marisa**:

E- Você diz que o fenômeno é físico e que não pode ser químico pois não houve mudança na composição química das substâncias, o sal apenas dissolveu.

Marisa- É. Porque eu acho que não houve.

E- Ahá. E para ser químico, como seria?

Marisa- Teria que haver mudança. Ah! que eu coloquei que não houve mudança né? Eu não ia colocar que era químico.

E- Claro, bom, o fenômeno físico...Por que você utiliza a palavra mudança, o fenômeno físico não é uma mudança?

Marisa- Não, mas na composição química, porque quando há mudança na composição química...porque só muda o físico...sei lá, eu achei que ela dissolveu assim, então foi físico. Eu achei isso.

O critério que a maioria dos alunos utilizou para classificar um fenômeno em físico ou químico foi o da sua reversibilidade. Em suas palavras: "se é possível recuperar o sal, o fenômeno é físico", ou então, "não conheço nenhum método para separar o açúcar da água, então o fenômeno é químico". Mesmo assim, no transcorrer das entrevistas, e valendo-se das pistas dadas pelo entrevistador, alguns alunos mostraram-se duvidosos das suas próprias

idéias e tentaram dar uma explicação microscópica do fenômeno. Observa-se que os alunos lidam com muitos conceitos, mas têm dificuldades de organizá-los num sistema de idéias que explique adequadamente os fenômenos.

V-III.3 CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A DISSOLUÇÃO DO AÇÚCAR EM ÁGUA

Em geral, os alunos, tanto no teste 2 como nas entrevistas, mostraram mais dificuldades em explicar o fenômeno da dissolução do açúcar na água. Os alunos tinham idéias sobre dissolução do sal, mas não aconteceu o mesmo com a dissolução do açúcar. Talvez, devido ao fato - como já foi observado na análise do teste 2 - de que a dissociação do sal em íons seja um exemplo utilizado com muita frequência em sala de aula. Isto levou os alunos, na tentativa de explicar a dissolução do açúcar, a realizarem diferentes especulações, mais ou menos acertadas de acordo com o domínio que cada um tinha dos pré-requisitos. Neste caso, fundamentalmente, sobre ligações químicas.

Por outro lado, apesar de terem sido apresentados aos alunos, como foi feito no teste 2 e nas entrevistas, os conceitos necessários para o estabelecimento de relações que poderiam ajudá-los na compreensão e explicação tanto da dissolução do sal como do açúcar na água, eles tiveram dificuldades em estabelecer essas relações e fazer generalizações. Assim, quando lhes foi dito que, da mesma forma que o açúcar, o HCl também tinha ligações covalentes, eles explicavam a ionização do HCl com aparente facilidade, mas de uma forma "mecânica", ou seja completavam a equação $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ (também utilizada com muita frequência em sala de aula) mas, não explicavam - salvo algumas exceções - como e porquê acontecia isso.

Da mesma forma que ocorreram muitas respostas "em branco" ou do tipo "não sei" no teste 2 para explicar a dissolução do açúcar, nas entrevistas estas dificuldades apareceram e foram manifestadas pelos alunos.

Como explicar esta "distância" na compreensão de duas situações tão igualmente cotidianas para a vida das pessoas? Tudo indica que para se achar uma resposta, deve-se se reportar ao ensino. Os dados de aprendizagem mostram que os alunos aprenderam o que lhes foi ensinado em sala de aula. Eles conseguiam explicar, com diferentes níveis de adequação, o que acontecia com o sal na água porque isso foi ensinado em sala de aula. Não sucedeu o mesmo para com o açúcar. Os alunos tiveram dificuldades na explicação microscópica, tanto de um fenômeno como do outro, porque o processo da dissolução não foi tratado microscópicamente: não foi ensinada a interação entre as partículas dos componentes de uma Solução. Se o ensino de Soluções priorizou o aspecto quantitativo, não era de se esperar que os alunos entendessem por exemplo, "qual é o papel da água na dissolução".

Seguem exemplos das entrevistas sobre a dissolução do açúcar na água com alguns comentários:

O aluno **Hemerson** disse não ter visto diferença entre dissolver sal e açúcar na água "*porque os dois se dissolvem na água...*". O entrevistador lembrou-lhe sobre o caráter iônico das ligações no NaCl e covalente das ligações que formam a molécula de açúcar, e perguntou se isso fazia alguma diferença. Num primeiro momento, o aluno disse não entender, e depois de pensar, disse que achava que "*devido ao fato dele (o açúcar) ser polar, ele se dissolvia na água porque a molécula de água era polar...*". Neste caso, mesmo o aluno tendo lembrado o caráter covalente dos dois compostos como um fator que contribuía para a interação entre eles favorecendo a dissolução do açúcar na água, ele não demonstrou ter tido uma compreensão da interação entre os componentes de uma Solução. Pareceu apenas repetir uma frase dita frequentemente em sala de aula de que "polar dissolve polar".

A aluna **Fábia** confirmou as dúvidas que teve no teste 2 e declarou não saber como e por quê o açúcar se dissolvia na água, insistindo no tamanho "ideal" das partículas como condição para a dissolução.

O aluno Leandro tinha respondido "Não sei" no teste 2 à pergunta sobre a interação entre água e açúcar. Entretanto, no transcorrer da entrevista tentou estabelecer relações entre o caráter covalente dos dois compostos e, mesmo sem chegar a conclusões adequadas, tentou explicar o fenômeno declarando, ainda, que "nunca" tinha pensado nisso. É interessante observar que o caráter das entrevistas, ou seja, o fato do entrevistador fornecer "pistas" aos alunos despertou neles consciência e os conduziu a utilizarem o conhecimento adquirido, tentando reconstruí-lo.

E- O sal se dissolve, o açúcar também...

Leandro- Dissolve. O sal se quebra e o açúcar não.

E- Não.

Leandro- Porque...deixe eu ver...(Silêncio prolongado)

E- Você já tinha pensado nisso?

Leandro- (Sinal negativo)

E- É difícil imaginar isso que acontece todos os dias, mas em termos de partículas, de moléculas...

Leandro- Não é que seja difícil imaginar, eu só estou precisando de um começo, umas idéias do que acontece com a molécula, depois imaginar é fácil, vai continuação.

E- Ahá. A molécula de açúcar, tem vários átomos, é grandinha...

Leandro- Ahá.

E- ...e há ligações covalentes polares. A de água é uma molécula menor, também com ligações covalentes polares.

Leandro- Menor.

E- Menor. Então se isso te ajuda a imaginar...são duas moléculas com ligações covalentes polares.

Leandro- (Silêncio). Bom, agora...ou elas se ligam ou o açúcar...vai acontecer com o açúcar o que eu falei que tinha acontecido com o sal, o açúcar fica rodeado apenas pela água.

E- Ahá.

Leandro- Os dois têm ligações covalentes?

E- No caso de açúcar e água sim.

Leandro- Eles se ligam.

E- Se ligam e formam o que? Acontece o que?...Se ligam e formam alguma coisa?

Leandro- Se ligam e...formam uma Solução...(...)

A aluna **Gláucia** disse, inicialmente, ter dúvidas sobre como o açúcar se dissolve na água:

E- Você diz que o açúcar se torna invisível, que foi dissolvido e não é mais a mesma substância.

Gláucia- Essa daí eu não...Porque o sal eu sabia que obteria íons, esse daí eu não tinha muita idéia do que ia acontecer, mas eu achei que ele não se dissociaria, um dos componentes se combinaria com a água formando outra coisa.

E- Então você acha que há uma reação química?

Gláucia- Acho que sim.

E- Então, deixa eu conferir suas idéias. Dissolve sal na água, não tem uma nova substância, dissolve açúcar na água, tem uma nova substância?

Gláucia- Ah...eu fico meio na dúvida nessa parte. Eu não tenho certeza.

E- Você já pensou nisso, já escutou, já te falaram sobre isso?

Gláucia- Não. Do sal sim, quando se estuda ionização, obtenção de íons, mas do açúcar não.

A aluna **Raquel** insistiu, como tinha feito no caso do sal, que o tamanho das partículas era fundamental na dissolução do açúcar:

E- Você pensa que há uma diferença entre dissolver açúcar na água e sal na água?

Raquel- Ah! Por causa do tamanho das partículas, né?

E- Você acha que o tamanho das partículas é importante? ...É só o tamanho tem a haver nessa interação? Só o tamanho tem a haver para que encaixe na outra ou não? Será que não tem alguma outra coisa?

Raquel- Eu acho que tem...(Silêncio) Ah...sem ser o tamanho da molécula, a estrutura em que elas estão, as quais estão mais fáceis de ser, entre aspas, "perdidos" né? doados pro "nada". Então, tem a partícula, tem o "nada", então, qual dos elementos que está pode ser mais facilmente liberado pra aquele lugar que tá, o vácuo que está lá...

A aluna **Fabiana** teve dificuldades para explicar a dissolução do açúcar e mostrou, também como no caso do sal, idéias muito confusas:

E- Como você imagina esse outro caso, de açúcar e água, que acontece, como dissolve? Porque eu pergunto se os componentes iniciais sofreram alguma mudança e você diz que "não".

Fabiana- Ah. É, aí eu quis dizer que as partículas do açúcar, elas dissolvem e ficam dispersas na água, né? Porque elas não sofrem dissociação, né? Deixa eu ver. Aqui no caso é uma molécula, as partículas de açúcar também são pequenas, então elas vão ficar...você vai colocar a quantidade certa para dissolver, ela vai ficar, não vai se misturar entende, ela vai ficar no estado dela, cada partícula de açúcar.

E- Sim, mas quando a gente dissolve açúcar na água, mexe bem com a colher, a gente não vê mais o açúcar.

Fabiana- É.

E- Então dissolve.

Fabiana- Ah! Dissolve. Ai!...Seria uma...não, espera aí, ah, eu não sei aqui. Porque aqui não vai ocorrer nada, nem dissociação, nada, porque não é íon, nada, né? É uma molécula. Mas eu não faço idéia assim, sabe? Nunca parei para pensar entende, como é que dissolve

mesmo. A gente sabe que ele continua no estado dele mas a gente não sabe por que ele some, né? (...)

E- Considerando como é a estrutura das partículas, considerando que o sal é iônico, que o açúcar é molecular...

Fabiana- É. Aqui, numa forma bem grotesca assim, a gente vê que o sal, ocorre por dissociação, e o açúcar, acho que não muda a estrutura, ela fica, a partícula fica...

E- Fica a molécula inteira separada das outras, seria?

Fabiana- É! Eu acho assim, né? As de água e as de açúcar.

E- Ahá.

Fabiana- Eu imagino assim, né? Agora porque..., porque eu acho que muda o tamanho delas...Elas diminuem de tamanho?

Este último trecho mostra o que já foi observado por vários autores, entre eles Driver (1985) e Andersson (1986), que, mesmo falando em partículas, os alunos transferem as mudanças que ocorrem no nível macroscópico para o molecular.

Da mesma forma que no caso do sal, o aluno **Herculano** valeu-se da polaridade das moléculas para tentar explicar a interação entre açúcar e água:

E- Você acha que há uma diferença entre o processo da dissolução de açúcar e do sal? Há alguma diferença nesses dois processos?

Herculano- Quando dissolvo sal na água, eh...bom, se formam dois íons, sódio e cloro. Agora o açúcar, ele, dentro da molécula já tem a polaridade, por exemplo, os polos e aí que vai haver a dissociação, pelos polos da água.

E- Não. No caso do açúcar não há dissociação.

Herculano- Não? Dissociação não...

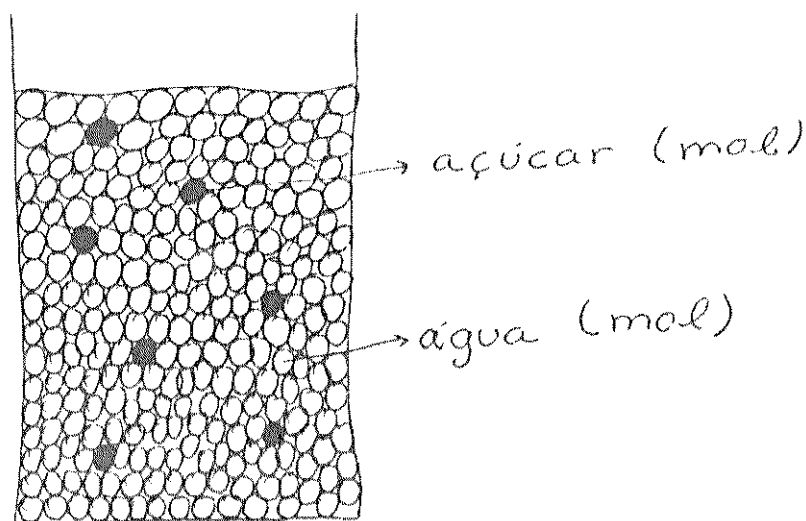
O aluno **Fábio** admite uma diferença entre a dissolução do sal e do açúcar na água:

E- Você diz que a água interage com o açúcar, fazendo com que cada molécula de açúcar fique "cercada" pela água. Então imagine: sal em água, açúcar em água. O sal se dissolve, o açúcar também. Há uma diferença entre um processo e outro?

Fábio- É. Acho que a diferença básica é na quebra da ligação do NaCl, houve uma quebra e no açúcar não.

E- Ahá. Ai você fez um desenho, até bem caprichadinho.

Desenho feito por **Fábio**:



Fábio- Ai esse desenho acho que é mais simples, né? Ai é fácil imaginar as moléculas de açúcar, né? e as de água em volta, né? Ai, acho que esse aí não tem dificuldade.

A aluna **Marisa** tinha declarado perceber diferenças entre a dissolução do sal e do açúcar na água. Entretanto, o seguinte trecho da sua entrevista demonstra o caráter especulativo das suas afirmações:

E- Acabamos de falar do sal na água. E se eu colocasse açúcar na água? Pergunto a mesma coisa: "Houve mudança?" Você diz que sim devido ao fato de que o açúcar é um composto molecular. No caso do cloreto de sódio...

Marisa- Ah! Eu disse que não...

E- "Não". E aqui você diz que "sim". Então eu queria ver como é que você entende a diferença entre dissolver sal em água e...

Marisa- Ah! Porque eu pensei que devia ser diferente, sei lá. Porque aqui é molecular, aí eu pensei: "Ah! está fazendo a mesma pergunta, né? Então deve ser diferente".

E- Ah! Certo! (Risos). Tá. E aqui, no lugar em que pergunta sobre a interação, você diz: "Não sei".

Marisa- Porque eu não sei. Achei que devia ser diferente, se é molecular e o outro iônico, sei lá! Mas eu não sei como pode ser.

E- Você já pensou nessas coisas?

Marisa- Não. Deve ser diferente, né?

E- Vocês já estudaram no primeiro ano estrutura atômica, ligações químicas, funções químicas. E você na hora não pensou que esses conhecimentos anteriores poderiam te servir para explicar isso?

Marisa- Não. (...)

E- Então, aqui tem sal e aqui tem água, o sal é iônico e a água é polar, o açúcar é polar e a água é polar. Isso te diz alguma coisa ou não?

Marisa- Polar é solúvel em polar, agora iônico...

E- E por que será que polar é solúvel em polar?

Marisa- Não sei falar, não sei, não lembro mais.

A respeito da dissolução do açúcar na água parece que ficou evidente a inconsistência das afirmações dos alunos e o caráter especulativo das suas idéias chegando a admitir que nunca

tinham pensado nisso. Isto, por sua vez, parece ser demonstrativo de que conceitos anteriores não foram sistematizados.

V-III.4 CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A NATUREZA DO FENÔMENO DA DISSOLUÇÃO DO AÇÚCAR EM ÁGUA

Da mesma forma que aconteceu na explicação do processo da dissolução do sal em água, os alunos mostraram dificuldades em explicar a natureza do fenômeno. Alguns responderam que não sabiam, que nunca tinham pensado nisso, que tinham esquecido, ou então, que, como não sabiam o que acontecia com o açúcar na água, não saberiam dizer sobre a natureza do fenômeno. Contudo, muitos alunos responderam a estas perguntas argumentando, da mesma forma que tinham feito no caso do sal, que o fenômeno seria físico se fosse reversível e químico se não.

Os alunos **Herculano** e **Fábia** são representativos da idéia de que se o fenômeno é reversível, se é possível separar os componentes, ele é físico, caso contrário é químico:

Herculano:

Herculano- Bom, eu acho que o fenômeno é físico (no caso do sal), como eu acabei de dizer, era reversível, né?

E- Ahá.

Herculano- E lá no caso do sal e da água uma simples destilação separaria os dois componentes né? Então eu acho que...e no químico não dá para voltar, na maioria das vezes não dá pra voltar né? Então, mas eu não conheço nenhuma, nenhum procedimento que possa separar a água do açúcar.

Fábia:

E- (...) Você diz que é químico. Porque existe uma mistura onde duas substâncias dão origem a uma terceira. (...)

Fábia- Só que não acho que, não há inversão, pelo menos eu nunca ouvi falar de como extrair o açúcar da água.

E- Ahá. Como você diferenciaria o fenômeno físico do químico?

Fábia- Físico eu creio que é todo aquele fenômeno que é reversível, pode voltar a ser o que ele era antes...

Os alunos **Leandro** e **Gláucia** também disseram que o fenômeno era químico mas mostram-se duvidosos e cogitaram a formação de uma ligação química entre o açúcar e a água.

Leandro:

E- Então vamos lembrar. No começo você disse que "Soluções eram misturas" e se você diz que se ligam, aqui o fenômeno seria...

Leandro- Químico.

E- ...químico.

Leandro- Claro.

E- Então como é que fica isso? Como você amarra as pontas desse quebra-cabeça?

Leandro- Bom. Não é físico. É químico. Bom, é um fenômeno químico. Agora tem que ver se é físico também...se muda de estado o açúcar...Continua...de sólido para...É um fenômeno químico. Eu acho.

Gláucia:

E- Bom, agora vem outro exemplo que era exatamente...

Gláucia- Esse daí eu...

E- Ahá. Do açúcar. Você diz que "O açúcar se torna invisível". (...) e "O açúcar foi dissolvido e não é mais a mesma substância". Quem não é mais a mesma substância?

Gláucia- Essa daí eu não...Porque o sal eu sabia que obteria íons, esse daí eu não tinha muita idéia do que ia acontecer, mas eu achei que ele não se dissociaria, um dos componentes se combinaria com a a água formando outra coisa...

E- Então você acha que há uma reação química?

Gláucia- Acho que sim.

E- (...) Então deixa eu conferir suas idéias. Dissolve sal na água, não tem uma nova substância, dissolve açúcar na água, tem uma nova substância?

Gláucia- Ah...eu fico meio na dúvida nessa parte. Eu não tenho certeza.

O aluno **Fábio** conclui que o fenômeno é físico porque não há mudanças nos componentes:

E- Ahá. Então por isso que você diz que o fenômeno é físico?

Fábio- Sim, porque o açúcar continua do mesmo jeito que ele era, continua sendo açúcar e a água continua sendo a água, não mudou em nada.

V.III.5 CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A MISTURA DE ÁGUA E ÁLCOOL

Com a intenção de tratar o fenômeno que ocorre na dissolução de duas substâncias líquidas foi discutida com os alunos a contração do volume final de uma mistura de água e álcool. A pergunta sobre este fato foi incluída tanto no teste 2 como na entrevista. Com três dos entrevistados, **Leandro**, **Gláucia** e **Raquel**, foi realizada, durante as entrevistas, uma demonstração prática juntando-se em uma proveta de 100 ml o conteúdo de duas outras de 50 ml, uma contendo água e a outra álcool, verificando-se que a solução final tinha aproximadamente 97 ml. É necessário mencionar que, após estas três entrevistas, o professor explicou em sala de aula a contração de volume que acontecia em alguns casos na formação

de uma Solução. Isto quer dizer que os alunos Fabiana, Herculano, Fábio e Marisa foram entrevistados após as explicações do professor em sala de aula.

As respostas dadas pelos alunos puderam ser divididas em três grupos: os alunos que pensavam que não havendo precipitado, não havia mudança de volume; os que consideravam que a água "conseguiu" dissolver só um pouco do álcool; e os que explicavam o fenômeno da contração pela existência de espaços vazios que permitiam a penetração de uma substância na outra.

O que o aluno Hemerson respondeu é um exemplo do primeiro grupo:

E- Bom, então a pergunta: "Como você explicaria esse fato?" Você diz: "É que as moléculas ou íons desses solutos, no caso o álcool, o sal, ficam dispersos na água, não alterando o volume de forma alguma porque esses íons ficam se mobilizando nesse meio"

Hemerson- Exatamente.

E- Agora, o movimento desses íons explica que o volume não mude?

Hemerson- (Silêncio). Bom, eu acho que sim.

E- É? Como?

Hemerson- Bom, se eles ficam se movimentando lá, no meio...como é que eu posso dizer...eu acho que eles não vão alterar o volume. Eles vão ficar se movimentando. Porque se...formasse precipitado, aí sim eu acho que mudaria o volume.

E- E por quê?

Hemerson- Porque ia formar duas fases. A fase do precipitado e a fase do sobrenadante, né?

E- Sim.

Hemerson- Só que aí, no caso, não forma precipitado, os íons ficam se mobilizando no meio. Então eu acho que se formasse precipitado, aí sim, acho que haveria alguma alteração de volume.

As idéias do aluno Leandro, por sua vez, representam as do segundo grupo:

E- Agora...para te ajudar...vamos pensar em termos de partículas, da molécula de álcool, da molécula de água.

Leandro- As partículas...do álcool...elas...A água consegue dissolver uma quantidade de álcool, essa quantidade seria 3 ml, que faltam, que tem que dar 100, deu 97, seriam os 3, e o que sobrou...

Os alunos **Raquel** e **Fábio** foram representativos das idéias do terceiro grupo:

Raquel:

E- O que você pensa que vai acontecer? Eu vou juntar 50 ml de álcool com 50 ml de água. Que volume eu obterei?

Raquel- 100 ml.

E- (Depois de misturar as substâncias) Cem mililitros?

Raquel- Não, acho que um pouco menos...

E- Tem 50 e 50.

Raquel- Eu nunca vi isto acontecer.(...) Ah, eu penso que é o que eu coloquei mesmo, que mesmo as moléculas - como você disse são maiores e eu pensei que eram menores - há uma troca de íons. Então os íons que ficam dispersos, eles se encaixam na molécula de água.

E- Íons de que?

Raquel- Do álcool! Do álcool acho, não sei. Ah! uns íons aí. Você sabe que na ligação química tem íons, né?

E- Só se for iônica.

Raquel- Então, mas como que justifica isto aqui?

Fábio:

E- Por exemplo, se você tem aqui uma proveta com 50 ml de álcool e aqui outra com 50 ml de água, se eu junto as duas não dá 100.....Dá 97. Por que será que dá 97?

Fábio- Bom, aí eu acho que...devido a que alguma molécula, né? Se fosse grande como a do álcool, que aqui é uma mistura de álcool e água, as moléculas de água acho que de alguma maneira preencheriam os espaços vazios.

E- E só têm espaços vazios no álcool?

Fábio- Não. Na água acho que...na água também, mas no álcool acho que seriam maiores. Não sei, assim, como definir porque a molécula do álcool é mais complexa, né? E acho que de uma maneira ou outra as de água vão se encaixar aí no meio.

Um último caso, o da aluna **Fabiana**, ilustra como a situação de ensino, quando descontextualizada, não contribuiu para as articulações das idéias dos alunos na tentativa de apresentar explicações para o que era perguntado na entrevista:

E- Pois é. Não vai ter 100, vai ter menos.

Fabiana- Ah! vai ter menos porque...eu acho que...aí deve ser mesmo do volume da Solução, a professora estava explicando isso um dia aí né? Concentração né? Tem a haver com a concentração da Solução. Porque...parece que...eu acho que a água é um pouco mais, menos densa que o álcool. Não tem a haver com isso?

E- (...)Imagina a molécula de água que é polar e a molécula de álcool que também é polar.

Fabiana- É. Isso. Polar dissolve polar, né?

E- Isso explica que se dissolve um no outro, mas isso só não explica que diminua o volume.

Fabiana- ...o volume. É.

O que se observou nas respostas dadas às indagações sobre a Solução água-álcool é que os alunos mantiveram a mesma linha de raciocínio com o qual tinham explicado a dissolução do sal e do açúcar na água. Mesmo aqueles alunos que foram entrevistados depois que o

professor explicou alguns casos de contração de volume, valeram-se dos mesmos argumentos utilizados no teste 2 sem se reportarem ao que tinha sido ensinado em sala de aula. Foi como se o que o professor explicou tivesse passado despercebido. A este respeito é necessário lembrar que, pelos registros das observações das aulas do ensino de Soluções, os exemplos dados pelo professor sobre contração de volume foram expostos de uma forma discursiva e um tanto fora de contexto, já que o grande tema que o professor anunciou que seria ensinado - e ensinou - nessa aula era "Unidades de Concentração", começando a aula com a explicação do que era densidade. Se ainda consideramos que os alunos sabem que "sobre Soluções há que saber resolver exercícios", que para a prova "vai cair" concentrações, que "é importante saber montar gráficos e curvas de solubilidade", etc. não resulta estranho que, uma eventual explicação microscópica não adquira grandes significados para eles.

V.III.6 OUTROS CONCEITOS DISCUTIDOS DURANTE AS ENTREVISTAS

O caráter semi-estruturado do roteiro das entrevistas facilitou o aparecimento e a discussão de outros conceitos relacionados com Soluções que, mesmo sem terem sido considerados centrais, mostraram-se reveladores de problemas no processo de ensino-aprendizagem que fazem parte do interesse de discussão deste trabalho.

A explicação solicitada aos alunos do que eles entendiam sobre o que era uma Solução levou-os à utilização de dois termos: "mistura" e "homogênea". A totalidade dos alunos, tanto no teste 2 como nas entrevistas, definiu Solução como uma mistura e a absoluta maioria utilizou também a expressão mistura homogênea que, por sua vez, provocou a discussão a respeito do que significa "fase" e a diferença entre "mistura homogênea" e "heterogênea".

A idéia mais comum entre os alunos era a de que "*homogêneo era aquilo que não tinha fase*" e de que uma fase era "*quando*" não tinha parede de separação. Há vários exemplos nas entrevistas, como também no teste 2, de como os alunos concebiam fases, mas todos eles mostraram uma visão macroscópica, visual das mesmas. Ninguém atinou para o fato de que

essa homogeneidade visual teria algo a haver com a composição microscópica. Talvez por isso mostraram dificuldades para dizer em que se parecem e, em que se diferenciam, uma Solução de uma substância. Os alunos pareciam não entender quando o entrevistador dizia a eles que as Soluções ocupavam uma posição intermediária entre as misturas e as substâncias porque, assim como as substâncias, são homogêneas, mas que, quanto à sua composição, podem variar em grandes intervalos. Isto não acontece com as substâncias, cuja composição é rigorosamente definida (as Soluções são microscopicamente heterogêneas).

Outros conceitos que se mostraram não assimilados adequadamente foram os de ligações químicas, chegando alguns alunos a declarar que delas não se lembravam. Outros utilizavam, com aparente facilidade, o conceito de íons, mas sem relacionar a sua existência com uma ligação iônica. Mesmo sendo diversificadas as respostas dos alunos, e mostrando diferentes níveis de compreensão, as observações feitas acima podem ser consideradas como tendências gerais das concepções dos alunos sobre Soluções e sobre os conceitos a elas relacionados. Isto, por sua vez, mais do que uma evidência de problemas no processo de aprendizagem, parece ser uma evidência de problemas no processo de ensino.

Convém mencionar que a escola onde foram coletados os dados para este trabalho, é considerada uma das melhores escolas do estado de São Paulo, onde se formam técnicos em várias áreas da Química. Estes alunos, posteriormente, trabalham em importantes empresas e obtêm, geralmente, bons resultados nos vestibulares. Muitos deles seguem o curso de Química na Universidade (um dos professores entrevistados é ex-aluno desta escola). Além disto, o corpo de professores é qualificado, muitos deles com mestrado em Química, como é o caso do professor cujas aulas foram observadas. Os laboratórios desta escola possuem equipamentos de qualidade, obtidos através de convênios, tanto com empresas sediadas no Brasil como diretamente com governos estrangeiros, principalmente europeus. Enfim é possível afirmar que esta escola se destaca, em qualidade, da imensa maioria das escolas brasileiras. Entretanto, foi possível observar que o ensino, nesta escola tem um caráter empírico-utilitário, que as idéias a respeito de ensino-aprendizagem do professor cujas aulas foram observadas

não diferem grandemente - as suas aulas mostraram isso - das idéias dos professores entrevistados, que pertencem a rede pública de ensino, onde as condições de trabalho são muito piores. É possível se argumentar - como o fez o professor cujas aulas foram observadas - que um "técnico não precisa de muita teoria", que ele "precisa ir para a empresa e saber trabalhar", mas, um técnico não precisa pensar? Quando se falou repetidas vezes neste trabalho que é preciso fomentar o pensamento teórico nos alunos foi tendo em mente que pensar teoricamente significa buscar as causas que originam os fatos, procurar saber por que eles têm este ou aquele desenvolvimento. Se a escola fomentar o hábito de um pensamento analítico, questionador em torno do conhecimento que ela se propõe transmitir e construir, ela poderá contribuir para a formação de um sujeito questionador e participativo em torno das outras questões da sociedade onde ele está inserido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento foi, desde suas origens, e continua sendo, um instrumento de poder. Nesse contexto a Química é hoje, sem dúvida uma das chamadas "Ciências de ponta". Sendo assim, retomando o pressuposto exposto na Introdução - de que o tratamento do objeto de conhecimento é importante na situação pedagógica - e após finalizado o trabalho de pesquisa e análise dos dados, é possível fazer algumas considerações:

SOBRE O OBJETO DE CONHECIMENTO

Foi possível observar que os livros didáticos são os grandes organizadores dos conteúdos que os professores ensinam aos seus alunos, e que estes conteúdos estão dispostos de forma compartimentada, o que não favorece a sistematização dos conceitos químicos. Não se está aqui estabelecendo uma crítica à organização dos temas químicos; ela é, sem dúvida, importante e corresponde à necessidade de toda Ciência de organizar o objeto de estudo. Qualquer proposta alternativa para o ensino de Química terá sempre uma certa organização, que poderá variar de acordo aos critérios epistemológicos, metodológicos e pedagógicos de seus autores. Tampouco se quer negar a necessidade de os professores terem um apoio didático. O problema se coloca na forma em que estão organizados os livros didáticos de Química. Além das constatações apontadas por Schnetzler (1980), quais sejam: ausência de experimentação, ausência de relação do conhecimento químico com assuntos da vida cotidiana e ênfase crescente na memorização, o que também caracteriza os livros didáticos brasileiros é uma visão empiricista-utilitária da Química que permeia a organização dos mesmos. Sendo assim, eles pouco contribuem para ajudar os professores na organização adequada de suas aulas como para que os alunos aprendam.

No caso específico do tema Soluções, esta visão leva a priorizar, como foi observado, os aspectos macroscópicos e quantitativos das mesmas.

Sem ter a pretensão de apresentar uma proposta didática para o ensino de Soluções, mas pensando na formação do pensamento teórico dos alunos, é possível fazer algumas interrogações:

* Se a imensa maioria das Soluções são aquosas, se da interação soluto-solvente dependem muitas das propriedades das Soluções formadas, como ensinar Soluções sem um estudo prévio das propriedades físicas e químicas da água?

* Se o processo da dissolução é o gerador das Soluções, se ele acontece ou não devido ao caráter das ligações químicas dos componentes, como compreender este processo sem uma "retomada" dos modelos de ligações químicas? Diz-se retomada porque, de acordo com a maioria dos currículos atuais, Soluções se ensina no segundo ano do ensino médio, após concluído o estudo de estrutura atômica, ligações químicas, funções químicas, reações químicas, entre outros. Outra discussão seria o questionamento dos atuais currículos, o que não se pretende aqui.

* Se os conceitos de ligações químicas, assim como os de estrutura atômica e descontinuidade da matéria, formam parte do nível teórico do conhecimento, como é possível atingir este nível de compreensão com uma visão empiricista-utilitária da Química? É importante destacar, mais uma vez, que a importância do estudo do tema Soluções não está somente no fato de que, como observado pelo professor PI "*quando o shampoo está no fim e acrescentamos água, estamos formando uma Solução*", mas na potencialidade do tema em termos de contribuição para o enriquecimento da estrutura conceitual do aluno.

Ainda sobre o objeto de conhecimento, e tendo em mente a Química em geral, uma questão que deve ser repensada é a prática nos laboratórios de Química das escolas. A prática é fundamental em Química, mas pensar que através da prática - como alguns professores observaram - é possível se chegar à teoria, é uma idéia que não se sustenta se a discussão estiver centrada na relação da dimensão empírico-teórica no processo de conhecimento. As

teorias são criadas para tentar explicar a realidade, modificá-la e para prever fatos futuros. Elas são úteis enquanto cumprirem estes requisitos na busca constante do homem pela "verdade". Se assim é, pensar que através de aulas práticas os alunos poderão chegar sozinhos a raciocínios teóricos é, no mínimo, uma ilusão pedagógica, fruto, muito provavelmente, de uma visão indutivista da aprendizagem.

Da mesma forma, imaginar que priorizando o relacionamento da Química com o cotidiano das pessoas, com aquilo que "faz sentido", elas estarão aprendendo Química é uma idéia que representa uma visão limitada do processo cognitivo e da função da Escola. As pessoas sempre lidaram, e continuarão a lidar, com o cotidiano sem que isto signifique que adotaram sempre a atitude de sujeitos arguidores da essência dos fenômenos. Cabe à Escola a tarefa de promover esta atitude. No caso das Soluções, por exemplo, como a simples observação do fato tão cotidiano de dissolver açúcar em água pode oferecer informações sobre o complexo processo de interação entre as moléculas de açúcar e de água? As aulas práticas poderiam, certamente, auxiliar na aprendizagem de Soluções se elas estivessem organizadas tendo em mente a promoção do pensamento teórico nos alunos. Assim, por exemplo, experiências sobre condutividade elétrica poderiam contribuir para que o aluno percebesse a existência de íons nas Soluções e, o que é fundamental, o movimento desses íons.

Promover o pensamento teórico nos alunos significa, primeiramente, admitir que a observação empírica, os dados fornecidos pelo cotidiano, são insuficientes para explicar a origem dos fatos e, a partir disto, explorar aquelas situações práticas que contribuam significativamente para a compreensão dos fenômenos. A descontinuidade da matéria, por exemplo, não é demonstrada facilmente pela prática que se realiza nos laboratórios das escolas. A idéia mais frequente que emerge da observação empírica é a da continuidade (Andersson, 1990). Como um aluno pode imaginar sozinho que numa pedra ou num objeto de vidro há espaços vazios? Então, pretender que o aluno admita a descontinuidade quando está habituado a pensar no cotidiano, no empírico, é mais uma ilusão. Ele só admitirá a

descontinuidade quando compreender que o concreto dado é a síntese de muitas outras determinações, que o fenômeno mostra a essência mas, ao mesmo tempo, a esconde.

Outra questão importante é o estudo da história dos conceitos em sala de aula. Estudar a história da Química não significa expor ao aluno uma série de dados cronologicamente organizados, mas sim demonstrar o vínculo direto da prática humana com o desenvolvimento da Ciência, o que ajudaria o aluno a compreender, através da história de cada conceito, a provisoriedade do conhecimento humano e a desmistificar a atividade científica. No caso específico de Soluções, por exemplo, a discussão histórica acerca da natureza do fenômeno mostra que os critérios de classificação dos fenômenos em físicos ou químicos se dão no nível teórico de análise dos fatos, como foi analisado no Capítulo I.

Falou-se repetidas vezes ao longo deste trabalho, da importância da sistematização conceitual como procedimento favorecedor da aprendizagem dos alunos. Não se trata somente de levar aos alunos um sistema de idéias e mostrar as relações entre uns conceitos e outros. Isto pouco se diferenciaria do tradicional esquema de transmissão-recepção, que considera os alunos como tábula rasa. Reportando-se às palavras do professor P8, trata-se de retomar conceitos anteriores, voltar a eles num nível superior. Assim, por exemplo, retomar os conceitos de ligações químicas no momento de ensinar Soluções, pode significar para o aluno a compreensão de que aqueles conceitos aprendidos no primeiro ano do ensino médio, sem aparente relação com o real, (e que ele pode provavelmente ter esquecido) são utilizados para dar uma explicação teórica a fenômenos tão cotidianos como a formação de uma Solução. Desta forma, as ligações químicas poderiam passar a "fazer sentido" para o aluno num nível reflexivo e, conseqüentemente, teórico de pensamento. Este é o significado que atribui-se aqui à sistematização conceitual, ou seja, um processo dinâmico de construção e reconstrução do conhecimento por parte do aluno. A sistematização não é um ponto a ser atingido, pois a formação dos conceitos não para. Há um momento em que o aluno atinge um pensamento hierárquico-lógico-verbal, mas ele não para neste ponto; pode melhorar ou piorar de acordo com as experiências pedagógicas oferecidas. Segundo Vygotsky:

177

"Quando se examina o processo da formação de conceitos em toda a sua complexidade, este surge como um movimento do pensamento dentro da pirâmide de conceitos, constantemente oscilando em duas direções, do particular para o geral e do geral para o particular." (sublinhado nosso) (Vygotsky, 1987, p.70)

Este movimento do pensamento do abstrato para o concreto - e que Vygotsky aponta como uma tarefa tão árdua para o jovem como a transição primitiva do concreto para o abstrato - irá enriquecer o conteúdo do conceito na medida em que este conceito possa ser aplicado ao campo do real. Sendo assim, o professor terá que ter sempre em mente que o aprendizado do aluno é parcial, pois aprender o conteúdo de um conceito significa um movimento do pensamento, um processo no qual o aluno fará ajustamentos continuamente.

SOBRE OS PROFESSORES

Talvez a parte mais preocupante, em termos das conclusões, deste trabalho, seja a relativa aos dados dos professores. Considerando a necessidade de que o ensino promova, através da sistematização, o pensamento teórico dos alunos e que os professores são sujeitos fundamentais nesse processo, os dados mostram a grande distância existente entre o que aqui se propõe e o ensino desenvolvido pela grande maioria dos professores por nós entrevistados.

É possível se afirmar que a visão dos professores é, em geral, empiricista, no que diz respeito à Química, e tradicional, no que tange à prática pedagógica. Obviamente, urge realizar um trabalho junto aos professores e, como já foi apontado, cabe à Universidade, aos pesquisadores em Educação esta tarefa. Não se trata somente de difundir os resultados das pesquisas em Educação em Ciências, nem de apresentar propostas didáticas alternativas prontas (Gil Pérez e Carvalho, 1992). A prática tem demonstrado que, na maioria das vezes, os trabalhos de investigação ficam restritos ao ambiente acadêmico e que a implementação de propostas alternativas por parte de professores que não participam da elaboração das mesmas não tem correspondido às expectativas, revelando-se às vezes como verdadeiros fracassos. O relato do professor P5 é um exemplo.

Pensando num trabalho junto aos professores, é importante ter em conta que estes, como apontado por Schnetzler (1993), têm dificuldades provindas da sua própria formação. Por exemplo, torna-se-lhes difícil interrelacionar conteúdos, quando estes lhes foram ensinados de forma compartimentada. Da mesma forma, relacionar adequadamente a prática com a teoria é uma tarefa árdua para o professor que está habituado a que as aulas práticas tenham como objetivo ilustrar ou comprovar o já ensinado nas aulas teóricas.

Por outro lado, o professor é um sujeito historicamente configurado, de tal forma que o trabalho junto a ele torna-se extremamente delicado. Isto porque nas relações de poder que se estabelecem em sala de aula e na sociedade como um todo, ele é o "dono" do conhecimento. Uma ação que questione essa hierarquia pode colocá-lo numa situação de insegurança que ele tende a evitar.

Um exemplo disto foi a atitude do professor cujas aulas foram observadas e analisadas. Este professor mostrava-se muito responsável e seguro nas suas aulas. Programava seu tempo rigorosamente, (a data da avaliação com os temas que esta incluiria foi anunciada aos alunos com muito tempo de antecedência), cumpria o programa com exatidão e se mostrava satisfeito com seu trabalho. Entretanto, ele não mostrou interesse em conhecer os resultados das entrevistas da pesquisadora com seus alunos, nem a análise das suas próprias aulas, chegando a declarar que *"essa questão conceitual não é tão importante"*.

Entre os professores entrevistados foi possível observar níveis diferentes de reflexão da própria prática pedagógica. A maioria transferiu para o aluno as causas das dificuldades na aprendizagem (falta de base para o estudo da Química). Da mesma forma, apontaram a necessidade de aulas práticas para um ensino adequado de Soluções. Outros mostraram-se insatisfeitos com sua própria prática e declararam precisar de ajuda. Em todos os casos ficou evidente o já constatado por muitos pesquisadores (como, por exemplo, Gil Pérez e Carvalho (1992) e Schnetzler (1993)): a necessidade de um trabalho junto a eles. E este trabalho deverá ser feito por educadores químicos, para que as discussões teóricas sobre o processo de ensino-aprendizagem sejam feitas em torno de conteúdos químicos específicos. O tratamento

da problemática conceitual poderá adquirir uma real significação para os professores se ela estiver inserida dentro dos conteúdos que são tratados em sala de aula. A tarefa é lenta e difícil, mas parece que não há outro caminho, especialmente se considerarmos que, na atual situação brasileira, parece-nos praticamente impossível inserir qualquer projeto em Educação dentro de um outro projeto político geral.

SOBRE OS ALUNOS

Os alunos demonstraram, tanto nos testes como nas entrevistas, um grande potencial para ser aproveitado na realização de uma prática pedagógica que vise desenvolver neles um espírito arguidor, questionador, crítico, participativo.

Foi interessante observar como, na situação de entrevista, ao sentirem que havia, por parte da pesquisadora, interesse nas suas idéias, eles as expressavam, em geral, com tranquilidade. Ao saberem que não estavam comprometidos em responder "o que era correto", ou seja, que não estavam expostos ao "jogo pedagógico" em que o professor é quem faz a pergunta "certa" e o aluno é quem "tem" que dar a "resposta certa", manifestaram suas dúvidas, suas inseguranças. Se promover o pensamento teórico significa questionar as causas, a origem, o desenvolvimento dos fatos, nada melhor do que, como no caso da aluno Gláucia, deixar, solicitar e abrir espaço para que o aluno exponha suas idéias e as debata, pois, como já foi observado, aprender um conceito consome bastante tempo. Esta aluna, ao ser interrogada sobre se tinha dificuldades em imaginar os átomos e as moléculas, respondeu que *"Às vezes se torna um pouco difícil (...) que pode ser que não seja, não exatamente, mas seja bem próximo"*. Pretender que um aluno diga que "acredita" que isto ou aquilo seja assim, seria procurar "um ato de fé" do qual a Ciência não precisa. Isso faz parte dos domínios da religião.

Por isso, apesar de todas as inadequações, como da aluna Raquel, por exemplo, que pensava que toda ligação química tem íons, dos esquecimentos dos que diziam não lembrar do que tinham estudado no primeiro ano e das dúvidas de outros em diferenciar a dissolução do

sal e do açúcar em água, os alunos demonstraram, contrariamente à opinião de vários dos professores entrevistados, que é possível trabalhar com eles no nível microscópico da Química.

Foi constatado, pela descrição do processo de ensino por nós observado, que o professor priorizou os aspectos quantitativos e macroscópicos das Soluções. Entretanto, os alunos conseguiram manter conosco um diálogo no nível microscópico durante as entrevistas.

Sem igualar, obviamente, a entrevista individual com a situação de sala de aula, a utilização por nossa parte de "pistas" para tentar retomar conceitos aprendidos anteriormente e necessários para a compreensão do fenômeno da dissolução, atuou em vários casos como fator organizador das idéias dos alunos. Ou seja, é possível se imaginar uma prática pedagógica na qual, com a ajuda do professor, os alunos possam reconstruir seus conhecimentos e aplicá-los em novas situações - como no caso da retomada dos conceitos das ligações químicas para a explicação do fenômeno da dissolução.

Há ainda outra questão a ser considerada ao se tratar dos alunos. Como apontam White and Gunstone (1989), pode acontecer que os alunos, ao serem submetidos a um processo de ensino que exija deles expor suas idéias reflexivamente, sintam-se incomodados, desestabilizados em relação ao que tradicionalmente é o papel do aluno em sala de aula: um receptor de conhecimentos. O *contrato pedagógico* que, no dizer de Castorina (1992), "não está escrito em lugar nenhum, mas que se revela no momento em que é violado", determina que o aluno tem que dar resposta sobre aquilo que foi transmitido pelo professor. Isto se mostra contraditório com o exposto anteriormente, quando foi afirmado que os alunos, ao sentirem que havia interesse por parte da pesquisadora sobre suas concepções, mostraram-se incentivados a expô-las. Mostra-se contraditório e, certamente, é contraditório. Mais uma contradição entre as quais se desenvolve a prática humana que deve ser considerada pelos educadores.

SOBRE A ESCOLA

Após todas estas considerações, resta uma pergunta: qual é o papel da Escola na formação do sujeito numa sociedade que mudou radicalmente nos últimos 50 anos?

A sociedade mudou. A Ciência e a Tecnologia fazem parte hoje do cotidiano das pessoas, mas a Escola continua tendo, como desde suas origens como instituição, o caráter de reprodutora da ideologia da sociedade (Freitag (1986), Apple (1987)) na medida em que surgiu historicamente quando se configuraram as classes sociais (Ponce (1984)). Por isso imaginar que *só* com as melhores das intenções dos professores é possível formar os sujeitos que irão transformar para melhor a atual sociedade é uma ingenuidade, inclusive porque o papel do professor dependerá do seu compromisso social (Freitas, 1991). Mas, ao mesmo tempo, pensar que pelo fato de a Escola reproduzir a ideologia da sociedade ela está impossibilitada de cumprir outro papel, significa uma visão derrotista sobre a potencialidade das instituições de criar novos pensamentos. Afinal, os que hoje questionamos o papel da Escola, somos fruto dessa mesma Escola. No complexo processo da prática humana, a Escola e a Universidade sempre desempenharam algum papel: progressista umas vezes, reacionário outras. Por isso, quando se diz, ao longo deste trabalho, que é necessário fomentar o pensamento teórico nos alunos, e isso foi discutido aqui considerando um tema químico específico, foi pensando na contribuição que a Escola, mesmo sendo reprodutora da ideologia dominante, pode dar para à formação de um sujeito não somente crítico, questionador, mas capaz de atuar. Ele atuará de acordo com seus próprios interesses ou com a sua consciência, pois a Escola, certamente, não tem o poder de determinar a ação das pessoas. Mas, se adota-se uma postura construtivista - segundo à qual o sujeito está construindo e reconstruindo constantemente seu conhecimento, atuando inserido em um contexto social e, ao mesmo tempo, imprimido a essa ação e a esse conhecimento sua "marca" individual - é possível se imaginar, sem que seja uma utopia, que se a Escola oferecer experiências de qualidade estará propiciando a formação de um sujeito participativo em todas as áreas da prática humana.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSSON, B., 1986, Pupils' Explanations of Some Aspects of Chemical Reactions, Science Education, 70(5), 549-563.
- ANDERSSON, B., 1990, Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16), Studies in Science Education, 18, 53-85.
- APPLE, M. W. 1987, Educación y poder. Ediciones Paidós, Barcelona, España.
- AUSUBEL, D. P. 1968, Educational Psychology: A cognitive View., Rinehart and Winston, New York.
- BACHELARD, G. 1985, El nuevo espíritu científico. Editorial Nueva Imagen. México.
- CACHAPUZ, A.F. and MARTINS, I.P., 1988, Language in Chemistry learning: a study of pupil' conceptions of acid/base reactions, paper submitted for publication in International Journal of Science Education.
- CASTORINA, J.A., 1992, O papel construtivo dos erros, Conferência pronunciada na Universidade Estadual de Campinas, 2 de abril de 1992.
- DAVÍDOV, V. 1988, La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico. Editorial Progreso. Moscú.
- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. and ELIOVITCH, R. 1990, Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - some implications, difficulties, and problems. Science Education, 74(5), 555-569.
- DRIVER, R. 1985, Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia, 224-258.
- FELTRE, R. 1987, Química, Vol. 1 e 2, Editora Moderna, São Paulo.
- FERNANDEZ, J. M. TRIGUEROS, T. y GORDO, L. 1988. Ideas sobre cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º curso del BUP, Enseñanza de las ciencias, 6(1), 42-46.

- FIÁLKOV, Yu. 1985, Propiedades extraordinarias de las soluciones corrientes, Editorial Mir, Moscú.
- FREITAG, B., 1986, Escola, Estado e Sociedade, Editora Moraes, São Paulo.
- FREITAS L.C., 1991, A dialética da eliminação no processo seletivo, Educação e Sociedade, 39, 265-285.
- GALVANO della VOLPE, 1972. Rousseau y Marx y otros ensayos de crítica materialista, Ediciones Martínez Roca, S.A., 145-160.
- GIL PÉREZ, D., 1985, El futuro de la enseñanza de las ciencias: algunas implicaciones de la investigación educativa, Revista de educación, 228.
- GIL PÉREZ, D. y CARVALHO, A.M.P., 1992, Tendencias y Experiencias Innovadoras sobre la Formación del Profesorado de Ciencias. Congreso sobre Formación y Capacitación Docente em Matemática y Ciencia, Caracas, 23-27/03/1992, 76p.
- GIORDAN, A. y de Vecchi, G. Los orígenes del saber: De las concepciones personales a los conceptos científicos. Diada Editoras, Sevilla, España.
- GUERÁSIMOV, et al, 1980, Curso de Química Física, Vol. I., Editora Mir, Moscú.
- HASHWEN, M. Z. 1986, Toward an explanation of conceptual change. European Journal of Science Education. 8(3), 229-249.
- HEWSON, P. W. and THORLEY, N.R, 1989, The conditions of conceptual change in the classroom, International Journal of Science Education, 11 (Special Issue), 541-553.
- HOWARD, R. W., 1987, Concepts and Schemata: an introduction, London.
- JOHNSTONE, A. H, 1982, Macro-and microchemistry, The school Science Review, 64(227), 377-379.
- JUSTI, R. S., 1991, Sobre espaços vazios e partículas - Movimento de idéias sobre a descontinuidade da matéria em um processo contínuo de ensino-aprendizagem de Química no 2º grau, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- KOSIK, K., 1989, Dialética do concreto, Paz e Terra, São Paulo.

- LONGDEN, P.B. and SOLOMON, J., 1991, Children's interpretation of dissolving, STIR Group, Centre for Educational Studies, King's College, University of London, London, pp. 59-67.
- MARTINS, M.I.T.P., 1989, A energia nas reações químicas; modelos interpretativos usados pelos alunos do ensino secundário, Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Portugal.
- MORRISON, R.T. e Boyd, R. N., 1973, Química Orgânica. Fundação Colouste Gulbenkian, Lisboa.
- MOSKALENKO, A.T. (org), 1979, Problemas metodológicos da ciência contemporânea, Editora de política, Moscou.
- NAKHLEH, M.B., 1992, Why some students don't learn Chemistry, International Journal of Chemical Education, 69 (3), 191-196.
- NECRÁSOV, B. V., 1973, Fundamentos de Química Geral, vol. I, Editora Química, Moscú.
- NUSSBAUM, J. 1989, Classroom conceptual change: philosophical perspectives. International Journal of Science Education, 11(5), 530-540.
- PIAGET, J. e INHELDER, B., 1975, O desenvolvimento das quantidades físicas na criança, Zahar Editores/MEC, São Paulo.
- PONCE, A., 1984, Educación e lucha de clases, Editorial Cartago, Buenos Aires.
- POSNER, G. J. et al, 1982, Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change, Science Education, 66(2), 211-227.
- PRIETO, T. BLANCO, A. and RODRIGUEZ, A., 1989, The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. International Journal of Science Education, 11(4), 451-463.
- SCHNETZLER, R.P., 1980, O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de Química, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- SCHNETZLER, R.P., 1993, Do ensino como transmissão para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores de Química, texto apresentado no GT de Licenciatura da XVI Reunião Anual da ANPEDE, Caxambu.
- SHIF, Z., 1935, O desenvolvimento dos conceitos científicos na infância, Editora estatal científico-pedagógica, Leningrado.
- SOLOMON, J., 1987, Social influences on the construction of pupils' understanding of Science. Studies in Science Education, 14, 63-82.
- STAVRIDOU, H. SOLOMONIDOU, C., 1989, Physical phenomena-chemical phenomena: do pupils make the distinction? International Journal of Science Education, 11(1), 83-92.
- VYGOTSKY, L. S., 1987, Pensamento e linguagem, Martins Fontes Editora, São Paulo.
- VYGOTSKY, L. S. 1988, A formação social da mente, Martins Fontes Editora, São Paulo.
- WHITE, R.T. and GUNSTONE, R.F., 1989, Metalearning and conceptual change, International Journal of Science Education, 11(5), 577-586.
- ZAGRADNAK, R. and POLLAK, P., 1979, Fundamentos da Química Quântica, Editora Mir, Moscou.

ANEXOS

ANEXO I

ROTEIRO DE ENTREVISTA COM PROFESSORES

1) DADOS GERAIS

- * Há quanto tempo dá aulas de Química?
- * É formado em Química?
- * Aonde se formou?
- * Há quanto tempo dá aulas sobre soluções?

2) DADOS DE ENSINO/ LIVRO DIDÁTICO

- * Utiliza algum livro? Qual? Como? Por quê?
- * Como vê o tratamento de soluções nos livros de Química?
- * Ensina soluções conforme o tema é apresentado nos livros?
Em caso negativo, como ensina soluções?
- * Utiliza aulas práticas para ensinar soluções?
- * Quando ensina soluções no seu curso?
- * O que ensina ANTES e DEPOIS do tema soluções?
- * Por que adota essa sequência de conteúdo?
- * Considera que o tema soluções é importante no ensino de Química, ou poderia ser omitido?
- * Considera que o ensino de soluções poderia ser diferente da maneira como ele é tratado normalmente nos livros didáticos? Por quê?
- * Como o tema poderia ser ensinado?

3) DADOS DE APRENDIZAGEM

- * Os alunos têm dificuldades para aprender soluções? Quais?
Por quê?
- * O que ele faz para resolver essas dificuldades?
- * Sobre o processo da DISSOLUÇÃO:
 - . Ensina ou não? Por quê?
 - . Discute a natureza do fenômeno?
- * Considera que o tema soluções ajudaria a sistematizar conceitos?
- * Numa outra maneira de ensinar soluções, quais conceitos ser sistematizados?
- * Faz a relação dos níveis MACROSCÓPICO e MICROSCÓPICO?
- * Como faz a avaliação dos alunos?

ANEXO II

CONTEÚDO QUÍMICO A SER TRABALHADO NA PRIMEIRA SÉRIE DO SEGUNDO GRAU (carga horária: seis aulas semanais)

Conteúdo: Unidade I NOÇÕES E CONCEITOS FUNDAMENTAIS

1. Introdução à Química
2. A matéria
 - 2.1. Definição
 - 2.2. Estados Físicos
 - 2.3. Mudanças de estado
3. Propriedades da Matéria
4. Transformações Físicas e Químicas
5. Misturas
 - 5.1. Definição
 - 5.2. Classificação
6. Procedimentos de separação de misturas. Análise imediata
7. Substâncias simples e compostas
8. Distinção entre substância pura e mistura homogênea
9. Elementos químicos, símbolos e nomes

Nº de aulas: 25

Objetivos Instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Definir e reconhecer matéria.
- . Definir e reconhecer os estados físicos da matéria.
- . Definir e reconhecer as propriedades da matéria.
- . Identificar e diferenciar as transformações físicas e químicas.
- . Definir e classificar as misturas.
- . Enumerar, descrever e empregar os métodos mais adequados de separação de misturas a partir de suas propriedades e características.
- . Reconhecer as propriedades físicas em que cada método se baseia.
- . Definir, reconhecer e diferenciar substância simples e composta.
- . Diferenciar substância de mistura homogênea.
- . Escrever os nomes dos elementos mais comuns a partir de seus símbolos e vice-versa.
- . Diferenciar elemento químico de substância simples.

Conteúdo: UNIDADE II
ESTRUTURA DA MATÉRIA

1. Modelos atômicos
 - 1.1. Dalton
 - 1.2. Thompson
 - 1.3. Rutherford-Bohr
2. Conceito geral de átomo e suas partículas fundamentais
3. N° atômico e n° de massa
4. Isótopos, isóbaros e isótonos
5. Distribuição eletrônica em sub-níveis (diagrama de Linus Pauling)
6. Ions
 - 6.1. Definição
 - 6.2. Classificação
 - 6.3. Formação e equação de formação
7. Tabela Periódica
 - 7.1. Introdução
 - 7.2. Grupos e períodos
 - 7.3. Raio atômico e eletronegatividade

N° de aulas: 25

Objetivos Instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Escrever os nomes e características fundamentais das principais partículas que constituem a estrutura da matéria.
- . Reconhecer o átomo como um sistema em equilíbrio elétrico.
- . Definir n° atômico e n° de massa e explicar porque o n° atômico é a propriedade mais característica do átomo.
- . Determinar o n° de prótons, neutrons e elétrons de um átomo ou de um íon a partir do n° atômico, n° de massa ou da sua carga.
- . Definir e exemplificar isótopos, isóbaros e isótonos.
- . Distribuir os elétrons do átomos em sub-níveis.
- . Reconhecer o critério fundamental da classificação periódica.
- . Localizar na T.P. os alcalinos, alcalinos terrosos, calcogênios, halogênios, gases nobres, elementos de transição, metais, não-metais e semi-metais.
- . Identificar o grupo e o período do elemento a partir do seu n° atômico.
- . Classificar os elementos químicos a partir de sua configuração eletrônica.
- . Descrever a variação das propriedades dos elementos ao longo do grupo e do período.

Conteúdo: UNIDADE III
LIGAÇÕES QUÍMICAS

1. Ligação Iônica
2. Ligação covalente (polar e apolar, normal e coordenada)

3. Ligação metálica
4. Propriedade dos compostos iônicos e moleculares
5. N° de Oxidação total e parcial

N° de aulas: 20

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- .Prever o tipo de ligação entre dois elementos quaisquer.
- . Reconhecer a estabilidade dos átomos ao atingir o octeto.
- . Desenvolver o mecanismo da ligação iônica e reconhecer as propriedades de seus compostos.
- . Representar as fórmulas eletrônica, estrutural e molecular dos compostos covalentes e reconhecer suas propriedades.
- . Diferenciar a ligação iônica da ligação covalente.
- . Diferenciar ligação polar de apolar.
- . Estabelecer paralelos entre os compostos iônicos e moleculares.
- . Definir e aplicar n° de oxidação total e parcial.

Conteúdo: UNIDADE IV FUNÇÕES INORGÂNICAS

1. Eletrólitos e não eletrólitos
2. Ácidos
 - 2.1. Definição de Arrhenius
 - 2.2. Propriedades funcionais
 - 2.3. Grau e equação de ionização
 - 2.4. Classificação
 - 2.5. Nomenclatura
 - 2.6. Fórmulas estruturais dos principais ácidos
3. Bases ou Hidróxidos
 - 3.1. Definição de Arrhenius
 - 3.2. Propriedades funcionais
 - 3.3. Classificação
 - 3.4. Nomenclatura
 - 3.5. Dissociação e equação de dissociação
4. Sais
 - 4.1. Definição
 - 4.2. Propriedades funcionais
 - 4.3. Classificação
 - 4.4. Nomenclatura
 - 4.5. Solubilidade
 - 4.6. Obtenção
 - 4.7. Caráter ácido, básico ou neutro
5. Óxidos
 - 5.1. Definição
 - 5.2. Classificação
 - 5.3. Nomenclatura
 - 5.4. Reações com água, ácidos e bases

Nº de aulas: 35

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Reconhecer e diferenciar eletrólitos e não eletrólitos.
- . Definir cada uma das funções.
- . Enumerar as principais propriedades de cada função.
- . Classificar, de acordo com os critérios estudados, os ácidos, bases, sais e óxidos.
- . Identificar as funções das substâncias através de suas fórmulas moleculares.
- . Escrever os nomes dos ácidos, bases, sais e óxidos a partir de suas fórmulas moleculares e vice-versa.
- . Escrever as equações de dissociação ou de ionização.
- . Citar pelo menos dez exemplos de cada função inorgânica, indicando a fórmula e o nome.
- . Escrever as equações de neutralização total e parcial.
- . Reconhecer o caráter ácido, básico ou neutro dos sais, justificando.
- . Equacionar as reações dos óxidos com água, ácido e base.

Conteúdo: UNIDADE V REAÇÕES E EQUAÇÕES QUÍMICAS

1. Equação química
2. Acerto de coeficientes
3. Classificação das reações
4. Reações entre as funções em solução aquosa
 - 4.1. Ácido + metal
 - 4.2. Ácido + base
 - 4.3. Ácido + sal
 - 4.4. Base + sal
 - 4.5. Sal + sal
 - 4.6. Sal + metal
 - 4.7. Óxido + água
 - 4.8. Óxido + ácido
 - 4.9. Óxido + base

Nº de aulas: 35

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Definir reação química.
- . Identificar os reagentes e produtos das reações.
- . Equacionar as reações químicas.
- . Acertar os coeficientes das equações químicas.

- . Classificar as reações químicas.
- . Prever a ocorrência das reações.
- . Escrever os produtos das reações que ocorrem, sendo dados os reagentes.
- . Completar as equações com produtos e/ou reagentes.

PARTE PRÁTICA

Conteúdo: UNIDADE I CONCEITOS E TÉCNICAS FUNDAMENTAIS

1. Regras e normas de segurança
2. Equipamentos e materiais de laboratório
3. Balança técnica e semi-analítica
4. Bico de Bunsen e trabalho com vidro
5. Transformações físicas e químicas
6. Misturas homogêneas e heterogêneas

Nº de aulas: 12

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Trabalhar de acordo com as normas e regras de segurança.
- . Identificar alguns materiais de laboratório e reconhecer suas funções.
- . Executar medidas de massa e volume de alguns corpos.
- . Manipular corretamente o bico de Bunsen.
- . Executar pequenos trabalhos com vidro, na chama.
- . Classificar as transformações observadas nos ensaios como sendo físicas ou químicas.
- . Distinguir misturas homogêneas e heterogêneas.

Conteúdo: UNIDADE II PROPRIEDADES FÍSICAS DAS SUBSTÂNCIAS

1. Ponto de fusão
2. Ponto de ebulição
3. Densidade
4. Solubilidade

Nº de aulas: 10

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Verificar se o ponto de fusão é uma propriedade característica da substância.
- . Determinar o ponto de ebulição de uma substância pura e comparar com o ponto de ebulição de uma mistura.
- . Determinar a densidade de alguns sólidos e líquidos.
- . Verificar a solubilidade de algumas substâncias em vários solventes.
- . Verificar que a quantidade de soluto a ser dissolvido é limitada.

Conteúdo: UNIDADE III
MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DE MISTURAS

1. Misturas e combinação
2. Separação de misturas: decantação, sifonação, precipitação, centrifugação, filtração simples e à pressão reduzida
3. Purificação de substâncias
4. Destilação simples e à pressão reduzida
5. Destilação fracionada
6. Destilação por arraste de vapor
7. Destilação seca da madeira

Nº de aulas: 18

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Distinguir mistura e combinação através das propriedades observadas.
- . Separar as fases de uma mistura heterogênea através de: decantação, sifonação, centrifugação, filtração simples e à pressão reduzida.
- . Constatar a formação de precipitados.
- . Distinguir entre misturas homogêneas e heterogêneas e separá-las por métodos adequados.
- . Purificar algumas substâncias através de suas propriedades físicas tais como sublimação e solubilidade.
- . Separar diferentes misturas homogêneas por destilação.
- . Montar corretamente as várias aparelhagens utilizadas nos experimentos.
- . Usar corretamente o alcoômetro.
- . Executar corretamente a extração de óleos essenciais.
- . Extrair as substâncias contidas na madeira e comprovar as mesmas através de testes químicos.
- . Reconhecer as propriedades físicas em que cada método de separação se baseia.

Conteúdo: UNIDADE IV
ACIDEZ E BASICIDADE - REAÇÕES QUÍMICAS

1. Eletrólitos
2. Fatores que influem na ocorrência das reações
3. Ácidos e bases - Indicadores
4. Acidez e basicidade

5. Evidência de reações químicas
6. Formação de precipitados
7. Série de reatividade química dos metais

Nº de aulas: 14

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Verificar a condução de corrente elétrica nas soluções iônicas.
- . Classificar as soluções em eletrolíticas e não eletrolíticas.
- . Constatar alguns fatores físicos que favorecem ou inibem a ocorrência da reação.
- . Verificar a ocorrência da reação através de evidências experimentais.
- . Verificar a natureza ácida, básica ou neutra das substâncias em solução aquosa.
- . Neutralizar uma substância e observar a viragem com papel indicador universal.
- . Constatar a formação de precipitados.
- . Construir a fila de reatividade de alguns metais a partir de suas reações com soluções salinas.

9

**CONTEÚDO QUÍMICO A SER TRABALHADO NA SEGUNDA SÉRIE DO
SEGUNDO GRAU**
(carga horária: quatro aulas semanais)

**Conteúdo: UNIDADE I
SOLUÇÕES**

1.1. Dispersões

- 1.1.1. Definição
- 1.1.2. Propriedades e classificação

1.2 Soluções

- 1.2.1. Definição
- 1.2.2. Classificação
- 1.2.3. Soluções saturadas
 - a. Descrição
 - b. Fatores que influem na solubilidade
 - c. Coeficiente de solubilidade
 - d. Classificação das soluções quanto à saturação
 - e. Curvas de solubilidade
 - f. Dissoluções endotérmicas e exotérmicas

1.3 Unidades de Concentração

- 1.3.1. Objetivo e uso das unidades
- 1.3.2. Concentração comum
- 1.3.3. Concentração molar
- 1.3.4. Título em massa
- 1.3.5. Concentração normal
- 1.3.6. Fração molar
- 1.3.7. Concentração molal
- 1.3.8. Concentração em volume (água oxigenada)
- 1.3.9. Concentração molar de íons

1.4 Interconversão de Unidades

- 1.4.1. Relação entre Concentração e Título
- 1.4.2. Concentração e Molaridade
- 1.4.3. Concentração e Normalidade
- 1.4.4. Molaridade e Título
- 1.4.5. Normalidade e Título
- 1.4.6. Molaridade e Normalidade

1.5 Mistura de Soluções

- 1.5.1. Diluição com solvente puro
- 1.5.2. Mistura de soluções do mesmo soluto
- 1.5.3. Mistura de soluções de solutos diferentes sem reação química
- 1.5.4. Mistura de soluções de solutos diferentes que reagem entre si
 - a. Aplicações práticas: Análise volumétrica (volumetria de neutralização) e cálculos estequiométricos

Nº de aulas: 28

Objetivos instrucionais da Unidade:

O aluno deverá ser capaz de:

- . Conceituar uma dispersão e classificá-la conforme o tamanho médio das partículas dispersas.
- . Verificar as propriedades gerais das dispersões.
- . Definir uma solução verdadeira e classificá-la em função de suas propriedades.
- . Descrever a preparação de uma solução saturada a partir de determinado soluto.
- . Definir coeficiente de solubilidade e classificar as soluções em saturadas, insaturadas e super-saturadas em função do coeficiente de solubilidade.
- . A partir do coeficiente de solubilidade, calcular:
 - a. A quantidade máxima de soluto que se dissolve numa determinada quantidade de solvente;
 - b. Em caso de excesso, calcular a massa de corpo de chão formada;
 - c. Sabendo se a dissolução é endo ou exotérmica, dizer como a temperatura afeta a dissolução.
- . Definir as unidades de concentração, expressando a relação entre massa do soluto e volume da solução.
- . Dado um valor numérico e a respectiva unidade de concentração, interpretar a informação.
- . Efetuar os cálculos necessários de massa e volume para preparar uma solução com determinada concentração.
- . Efetuar o cálculo da concentração de uma solução em determinada unidade, conhecendo a massa do soluto e o volume da solução.
- . Calcular, numa solução iônica constituída por um eletrólito forte, a concentração molar dos íons presentes.
- . Dada uma solução com determinada unidade de concentração, convertê-la naquela de interesse.
- . Aplicar a interconversão de unidades para a preparação de soluções de concentração conhecida.
- . Conhecendo uma unidade de concentração e a densidade de uma solução, calcular o volume necessário dessa solução para preparar outra de concentração previamente estabelecida.
- . Calcular o volume de determinada solução de concentração conhecida que deve ser tomado para preparar determinado volume de outra solução de concentração estabelecida.
- . Efetuar o processo inverso da diluição, isto é, aumentar a concentração de uma solução por adição de solvente.
- . Dadas duas soluções do mesmo soluto, porém de concentrações diferentes, calcular a concentração da solução resultante da mistura de ambas.
- . Dadas duas ou mais soluções de solutos diferentes, que não reagem entre si, calcular: a concentração de cada substância na mistura; a concentração molar dos íons presentes na solução final em íons/grama/litro, considerando eletrólitos fortes.
- . Calcular a massa de determinadas substâncias que reagem com certo volume de solução de soluto diferente.
- . Calcular a massa de precipitado formado pela mistura de duas soluções de concentrações diferentes.
- . Misturando duas soluções de volume e concentração conhecidos, calcular a concentração do reagente em excesso na mistura resultante.
- . Definir análise volumétrica e dar a sua classificação.
- . Diferenciar acidimetria de alcalimetria.
- . Verificar em que consiste a titulação.
- . Conceituar solução padrão do tipo direto e indireto.
- . Conceituar substância padrão primário.. Calcular a normalidade real de uma solução através dos dados de uma titulação.
- . Diferenciar a normalidade teórica de uma solução de sua normalidade real através do fator de correção.

Observação: Após o estudo de soluções, as unidades trabalhadas foram:
UNIDADE II - CINÉTICA QUÍMICA
UNIDADE III - EQUILÍBRIO QUÍMICO
UNIDADE IV - RADIOATIVIDADE

PARTE PRÁTICA

Conteúdo: Balanças analíticas e material volumétrico

Nº de aulas: 08

Objetivos instrucionais:

- . Pesar corretamente numa balança analítica com precisão de 0,1 mg, tanto pelo método da adição como por diferença.
- . Identificar a aparelhagem comum da análise volumétrica e conhecer suas aplicações específicas.

Conteúdo: Curvas de solubilidade de um sal (nitrato de sódio ou cloreto de amônio)

Nº de aulas: 02

Objetivos instrucionais:

- . Pesar na balança analítica, com precisão de 0,1 mg. Utilização de estufa e dessecador.
- . Determinar a solubilidade de um sal em uma temperatura.
- . Construir a curva de solubilidade de um sal.
- . Utilizar um Handbook.

Conteúdo: Preparação de soluções de HCl e NaOH 0,1 N.

Nº de aulas: 02

Objetivos instrucionais:

- . Efetuar cálculos de massa de soluto e alíquota para preparo de uma solução.

- . Preparar uma solução de concentração exatamente conhecida usando balão volumétrico.
- . Trabalhar com pipetas graduadas e volumétricas.
- . Usar pipetador de borracha.

Conteúdo: Padronização de uma solução de NaCl

Nº de aulas: 02

Objetivos instrucionais:

- . Uso de bureta e técnica de titulação.
- . Identificação do ponto final de uma titulação.
- . Uso de indicadores.
- . Uso de padrão primário.

Conteúdo: Determinação do teor de AAS em comprimidos de Melhoral

Nº de aulas: 02

Objetivos instrucionais:

- . Usar uma solução padrão (NaOH 0,1 N).
- . Efetuar cálculos de % (dosagem).
- . Uso de normalidade real.

Conteúdo: Padronização de uma solução de HCl

Nº de aulas: 02

Objetivos instrucionais:

- . Padronizar uma solução de HCl usando:
 - a. Solução padrão do tipo direto (Na_2CO_3);
 - b. Padrão primário sólido (Na_2CO_3);
 - c. Solução padrão do tipo indireto (NaOH).
- . Escolher o melhor método.

Conteúdo: Determinação do teor de ácido acético no vinagre

Nº de aulas: 02

Objetivos instrucionais:

- . Determinar a massa real de ácido acético contida numa amostra de vinagre comercial.
- . Determinar a % de ácido na amostra.

ANEXO III

TESTE 1

- 1) Ao colocarmos um envelope de Tang em água e agitarmos a mistura obteremos uma determinada quantidade de suco.
Explique com suas palavras o que aconteceu.
Os componentes iniciais (Tang e água) sofreram alguma mudança?
Qual? Por quê?
- 2) Explique com suas próprias palavras o que você entende por "solução".
- 3) Ao dissolver substâncias sólidas na água (sais, açúcar, etc...) o volume do sistema final não muda significativamente.
Como você explica este fato?
- 4) Ao colocarmos sal em água e agitarmos a mistura obteremos um sistema homogêneo.
O que aconteceu com o sal?
Como você qualificaria o fenômeno: Físico, Químico ou ambos?
Por quê?
- 5) Considere os seguintes casos: a) Dissolve-se sal na água.
b) Dissolve-se açúcar na água.
O sal (NaCl) é um composto iônico (as ligações entre Na e Cl são iônicas. O açúcar é um composto molecular (as ligações entre os átomos são covalentes). A molécula de água é polar (as ligações entre os átomos são covalentes polares).
Segundo você, como as partículas do sal interagem com as moléculas de água no processo "a" e como as moléculas de açúcar interagem com as de água no processo "b" ?
Se preferir, faça desenhos para ilustrar essas interações.
- 6) Indique as semelhanças e diferenças entre uma solução e uma substância.

ANEXO IV

TESTE 2

- 1) Explique com suas próprias palavras o que você entende por "solução".
- 2) Ao dissolver algumas substâncias em outras como, por exemplo, álcool em água, o volume do sistema final não é aditivo.
 - a) Como você explica este fato?
 - b) Faça desenhos de duas substâncias quaisquer, isoladamente e depois de serem misturadas, de forma a ilustrar o que você explicou no item "a".
- 3) Considere a seguinte situação: Dissolve-se sal na água e forma-se um sistema homogêneo. O sal (NaCl) é um composto iônico (as ligações entre Na e Cl são iônicas). A molécula de água é polar (as ligações entre os átomos são covalentes polares).

Responda:

 - a) Os componentes iniciais sofreram alguma mudança? Qual?
 - b) Segundo você, como as partículas do sal interagem com as moléculas de água?
 - c) Faça desenhos que representem essas interações.
 - d) Como você qualificaria o fenômeno: Físico, Químico ou ambos? Por quê?
- 4) Considere esta outra situação: Dissolve-se açúcar na água e forma-se um sistema homogêneo. O açúcar é um composto molecular (as ligações entre os átomos são covalentes). A molécula de água é polar (as ligações entre os átomos são covalentes polares).

Responda:

 - a) Os componentes iniciais sofreram alguma mudança? Qual?
 - b) Segundo você, como as partículas do açúcar interagem com as moléculas de água?
 - c) Faça desenhos que ilustrem essas interações.
 - d) Como você qualificaria o fenômeno: Físico, Químico ou ambos? Por quê?