OTAVIO ALOISIO MALDANER

Este exemplar corresponde à redação
final da Tese defendida por
OTAVIO ALOISIO MALDANER
e aprovada pela Comissão Julgadora

Data: 04/07/97

Assinatura

A FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES: ENSINO-PESQUISA NA ESCOLA

PROFESSORES DE QUÍMICA PRODUZEM SEU PROGRAMA DE ENSINO E SE CONSTITUEM PESQUISADORES DE SUA PRÁTICA

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Educação
Departamento de Metodologia do Ensino

1997

UNIDADE BC
N.º CHAMADA: TUNICAMP
M292f
V. Ex.
TOMBO BC/ 32070
PROC. 281/97
C [ ] D [x]
PREÇO R$ 11,00
DATA 15/11/97
N.º CPD

CM-00102689-3

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA
DA FACULDADE DE EDUCAÇÃO/UNICAMP

M292f

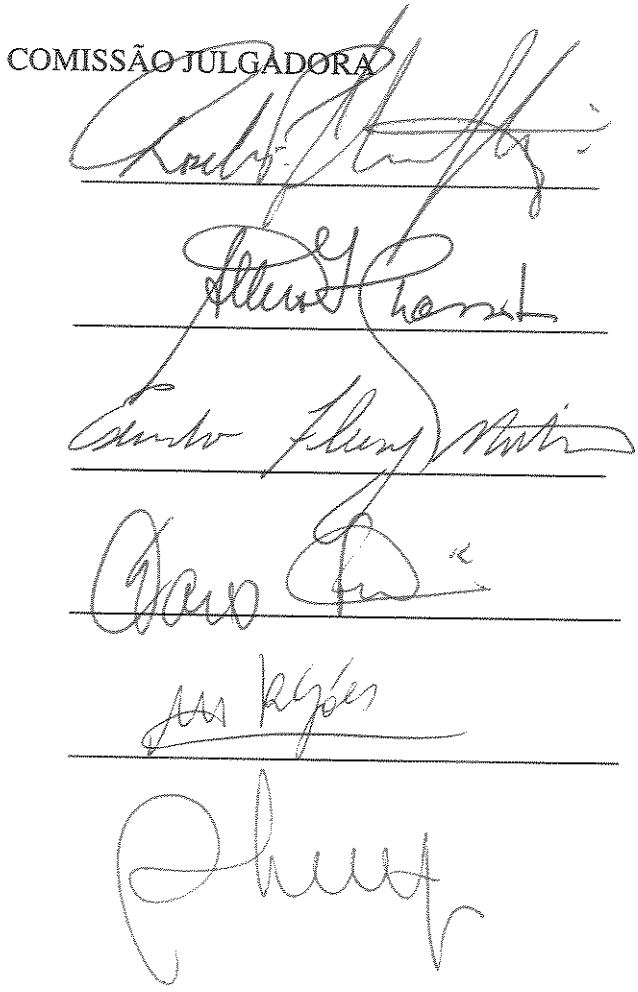
Maldaner, Otavio Aloisio.
A formação continuada de professores: ensino-pesquisa na escola - professores de química produzem seu programa de ensino e se constituem pesquisadores de sua prática / Otavio Aloisio Maldaner. -- Campinas, SP : [s.n.], 1997

Orientador: Roseli Pacheco Schnetzler.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Professores de ensino de segundo grau - Formação. 2. Química (Segundo grau) - Estudo e Ensino. 3. Educação permanente - Metodologia. 4. Formação profissional. 5. Didática. I. Schnetzler, Roseli Pacheco. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

Tese apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de DOUTOR EM EDUCAÇÃO na Área de Concentração: Metodologia do Ensino, à Comissão Julgadora da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, sob a orientação da
Profª Drª. **ROSELI PACHECO SCHNETZLER**

COMISSÃO JULGADORA



Para

Fabiana, Juliano e Adriano, pela alegria de ser seu pai

Maridalva, esposa e mãe de nossos filhos, companheira e colega de estudos e trabalhos de muitos anos

Maria do Carmo, Maria Cristina S., Aloísia e com elas os outros professores da escola e todos os professores com os quais procurei participar da construção de um processo melhor de formação de professores durante muitos anos.

AGRADEÇO MUITO...

às professoras e professores de química da Escola Estadual de Campinas que possibilitaram que esse trabalho pudesse ser realizado, especialmente às professoras Maria do Carmo Tocci Piedade, Maria Cristina Schiavetti e Aloísia Laura Moretto que abriram seus corações, suas mentes e suas salas de aula para que juntos abríssemos possíveis caminhos para um processo de desenvolvimento do professor/pesquisador na prática

à direção da Escola Estadual de Campinas, na pessoa do professor Rodolfo, deixando-nos à vontade para desenvolvermos o trabalho com toda a liberdade possível e aos alunos e alunas da mesma escola, pela colaboração nas filmagens e gravações realizadas em aula

aos meus alunos e alunas da UNIJUÍ e UPF, hoje professores e professoras de Química, que construíram comigo a disciplina de Instrumentação e Metodologia de Ensino de Química em diversos momentos, e aos alunos e alunas das muitas escolas em que atuei como professor de química e que possibilitaram as experiências com a construção e a consolidação de propostas alternativas de ensino de química no 2º Grau

aos professores do doutorado da Faculdade de Educação, Angel Pino, Ana Maria Smolka, Cecília Góes, Sílvia Manfredi, Hermas, Corinta, Rosália, Mansur, Miguel, Dario e Roseli, pelas reflexões teóricas proporcionadas nos cursos, encontros, debates e a todos os colegas com os quais pude interagir nesses anos

aos pesquisadores educacionais ligados ao ensino de química, hoje espalhados por todo o Brasil, pela troca de idéias que proporcionaram em inúmeros momentos

aos amigos Sírio e Ana, Wanderley e Corinta, Nelson e Rosa, pelo apoio, amizade e hospitalidade durante os três anos em que morei em Campinas

aos professores Cecília Góes, Wilson, Corinta e Luiz Otávio, pelas importantes contribuições ao meu trabalho quando da realização do exame de qualificação

à Andréa, Aninha e Ana Paula, colegas que, comigo e a professora Roseli, iniciaram o trabalho na escola junto às professoras e contribuíram para que ele pudesse acontecer

aos colegas do DeBQ, pelo apoio que recebi e pela continuidade que deram aos programas de formação de professores da área de ciências em nosso meio, especialmente aos colegas da área de química

à CAPES E FIDENE/UNIJUÍ, pelo apoio financeiro para que pudesse realizar esse estudo na FE, UNICAMP

aos funcionários dos diversos setores da FE UNICAMP, pela atenção e cordialidade com que sempre me atenderam

ao Juliano, Adriano e Alessandra pelo apoio nas horas difíceis, para mim, em que comecei a lidar com o computador na organização do trabalho

à professora Branca, pela versão do resumo para o Inglês

à SEDIGRAF/FIDENE, na pessoa da funcionária Denise, pela importante ajuda na impressão do trabalho

à professora Roseli, minha orientadora e amiga, pelo estímulo e apoio que sempre me deu para que esse trabalho se concretizasse

RESUMO

O presente trabalho insere-se no debate amplo sobre a qualidade educativa no Brasil, voltando-se para a questão da formação dos professores e mais especificamente para a formação continuada de professores em exercício.

Defende-se a participação dos professores, na forma de coletivos organizados, na definição e implementação de políticas educacionais e de melhoria do ensino, colocando-os no centro do debate, pois cabe a eles conduzirem o processo de melhoria educativa nas escolas, *locus* institucional da ação educativa da sociedade moderna.

Superadas visões simplistas no tratamento da questão da formação continuada de professores apenas na forma de cursos de curta duração, 'treinamento' à distância, ciclo de palestras e leituras, defende-se a necessidade de implantação de um processo continuado de formação como atribuição do trabalho profissional, envolvendo alocação de tempo na escola para estudos, debates, pesquisas, realização de jornadas, etc. Organizados na forma de grupos, os professores têm condições de produzir os seus programas de ensino, elaborar materiais instrucionais, assistir aos alunos, produzir e aperfeiçoar o projeto de escola, etc.

A implantação de um processo assim torna-se possível à medida em que os professores assumem a sua condição de intelectuais da educação, superando a metáfora de meros transmissores de informações sobre conhecimento, arte e cultura. Como intelectuais, participam da criação e recriação cultural, artística e científica e permitem que isto aconteça junto a seus alunos.

O desenvolvimento intelectual dos professores é condição de seu desenvolvimento profissional e torna-se possível se favorecidas interações entre eles, com professores e pesquisadores universitários, principalmente aqueles mais envolvidos com a formação dos novos professores nos cursos de licenciatura e pedagogia, com outros profissionais do entorno social. Organizados na forma coletiva as interações tornam-se possíveis além de permitir veicular teorias pedagógicas e científicas e, assim, viabilizar o desenvolvimento profissional e intelectual dos professores, à semelhança das condições que viabilizam o desenvolvimento profissional no meio acadêmico.

O processo que se defende, para viabilizar a interação e o desenvolvimento intelectual dos professores, é a associação necessária do ensino e da pesquisa, focalizando, em primeiro momento, os conhecimentos profissionais dos professores, como o desenvolvimento de um programa de ensino de uma determinada matéria. Na

produção de um programa de ensino, mediado pelos instrumentos teóricos veiculados no grupo, é possível avançar na concepção de ensino, aprendizagem, natureza do conhecimento, cultura, ciência, tecnologia, etc.

O processo de formação continuada de professores, desenvolvido e defendido no presente trabalho, refere-se a um grupo de professores de química de uma escola pública estadual de Campinas e procura viabilizar a idéia do professor/pesquisador. Os dados foram produzidos nas ações desenvolvidas no grupo de estudo e pesquisa constituído na escola durante os anos de 1993 a 1995 e na observação de aulas produzidas e desenvolvidas dentro do grupo. Os registros foram feitos em fitas de áudio e vídeo e que depois de transcritos constituíram-se em material de análise para a produção da tese. Busca-se apoio teórico em autores que abordam o objeto de pesquisa em situação prática – professores de química de uma determinada escola desenvolvem o seu ensino nas aulas de química – como Jürgen Habermas, *teoria da ação comunicativa*, Boaventura de Souza Santos, *aplicação edificante do conhecimento científico*, Donald Schön, *a nova epistemologia da prática*, naquilo que os três autores convergem. Estes propõem a superação do atual modelo científico e tecnológico que isola os objetos de sua complexidade e das múltiplas determinações e cria soluções idealizadas que, normalmente, não são adequadas para situações práticas.

Do pensamento de Vygotsky busca-se a idéia de desenvolvimento mental dos indivíduos e a permanente constituição dos sujeitos a partir da mediação da linguagem e outros instrumentos teóricos e da interação social. Para isso procuramos identificar situações de alta vivência sobre as quais as pessoas (alunos e professores de química) pudessem interagir e para as quais a criação científica e cultural já haviam criado instrumentos teóricos. Isso permitiu a criação e recriação do pensamento químico junto aos professores e seus alunos, de uma forma muito mais eficaz que nas aulas tradicionais de química.

ABSTRACT

The present study is part of the wide debate of educational quality in Brasil, focusing on the issue of the teachers' formation and, more specifically, the continuing formation of teachers in service.

It defends the teachers' participation, in organized collectives, in defining and implementing educational policies and teaching improvement, taking into account the fact that teachers are responsible for conducting the process of educational improvement in the school, institutional *locus* of the educational action in modern society.

By overcoming simplistic visions in dealing with the issue of the continuing formation of teachers only through short-term courses, long-distance "training", lectures, seminars, etc., we defend the necessity of the implantation of a continuing process of formation as a professional work attribution, involving allocation of time for studies, debates, research, seminars, etc. Organized in groups, the teachers are able to build their own teaching programs and instructional materials, assist students, produce and improve the school project, etc.

The implantation of a process like this is possible when the teachers assume their role of intellectuals of education, overcoming the metaphor of being mere transmitters of information about knowledge, art and culture. As intelectuals, they participate in cultural, artistic and scientific creation and recreation and allow similar role to their students.

The teachers' intelectual development is condition for their professional development, possible if the interaction among teachers and university researchers is favoured, mainly if these researchers are involved in Courses of Formation of Teachers and Pedagogy and with other professionals of the social setting. Organized collectively, the interactions occur, allowing scientific and pedagogical theories to be formulated and professional and intelectual teachers' development to be possible, similar as it happens in the academic environment.

The process we stand for, to make the interaction and the teachers' intelectual development happen, is the necessary association of teaching and research, focusing, firstly, on the teachers' professional knowledge, like the conduction of a teaching program of a certain matter. Through the building of a teaching program, mediated collectively by theoretical instruments, it is possible to improve conceptions of teaching, learning, nature of knowledge, culture, science, technology, etc.

The process of continuing formation of teachers, developed and defended in this present study, refers to a group of Chemistry teachers from a public state school in Campinas, S. P., and was based on the idea of the teacher/researcher. The data were gathered from the actions of a group of studies and research, constituted in the school during the period of 1993-95, and from the observations of classrooms conducted by this group. The registers were compiled in audio and video tapes that were transcribed to be material of analysis of this thesis. We seek theoretical support on authors that treat the research object in practical situation- Chemistry teachers conduct their teaching in Chemistry classrooms- like Jürgen Habermas' **theory of communicative action**, Boaventura de Souza Santos' **edifying application of scientific knowledge**, Donald Schön's **new episthemology of practice**, in what they share.

They propose to overcome the current scientific and theoretical model that isolates the objects from their complexity and multiple determinations and creates idealized situations that, normally, are not adequate to practical situations.

From Vygotsky's thinking, we seek the idea of individual mental development, the permanent language mediation and other theoretical and social interaction instruments. To achieve this goal, we have identified high lively situations in which people (Chemistry students and teachers) could interact. Situations to which the scientific and cultural creation had already established theoretical instruments, allowing us to create and recreate the chemical thinking of teachers and students, in a more efficient way than that of traditional Chemistry classrooms.

SUMÁRIO

Página

INTRODUÇÃO/1

I - OS PROFESSORES DA ÁREA DE CIÊNCIAS - ENCRUZILHADA DE CAMINHOS

I.1 - *A formação de professores e melhoria educativa: preocupações/20*

I.2 -*Formação de professores de ciências: longos caminhos/25*

I.2.1 - O caminho de uma só dimensão: como andar na prática?/31

I.2.2 - A bagagem pesa muito: pensar é preciso!/36

I.3 - *Novos caminhos, outras alternativas: epistemologias da prática/48*

I.3.1 - O ensino como mediação do aprender/48

I.3.2 - O pensar e o agir: o professor como pesquisador em ação/63

I.4 - *Os caminhos da produção da ciência e sua criação/recriação na sala de aula através da ação docente/80*

II - A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E A CRISE EPISTEMOLÓGICA -IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

II.1 - *Concepções de ciências e modelos pedagógicos/98*

II.2 - *A crise da ciência moderna: novos desafios/102*

II.3 - *Os dois sentidos necessários do caminho da ciência/109*

II.3.1 - Reflexão-na-ação: a conversação com a situação prática/119

II.3.2 - Aplicação edificante: um novo modelo de aplicação do conhecimento científico/122

II.3.3 - Teoria da ação comunicativa: a intersubjetividade como base da ação social/124

II.4 - *Processos de ensino/aprendizagem em ciências: novos rumos/129*

II.4.1 - **Modelos de ensino e aprendizagem em ciências com base em idéias construtivistas/129**

II.4.2 - **Um possível modelo sociocultural de ensino e aprendizagem em ciências/133**

II.4.3 - **Especificidades no ensino e aprendizagem de química/141**

III - A FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE QUÍMICA- O TEMPO E O ESPAÇO DA ESCOLA

III.1 - *A constituição do grupo de trabalho na escola: primeiros passos/149*

III.2 - *A ruptura necessária: os programas tradicionais de ensino de química tolhem a potencialidade criativa nas salas de aula/183*

III.3 - *A produção conjunta dos professores de química: um novo programa é desenhado e testado continuamente/197*

III.3.1 - **A busca de novas ênfases no processo ensino/aprendizagem de química: potencialidades desenvolvidas coletivamente/213**

III.3.2 - **O olhar sobre a avaliação escolar em química: o exercício da pesquisa e o desenvolvimento do professor/pesquisador/236**

III.4 - *Desenvolvimento de unidades de ensino de química: professores assumem seu papel integrando pesquisa e ensino/272*

III.4.1 - **Novas ênfases no programa de química – um olhar sobre o trabalho desenvolvido na 1ª série do ensino médio/286**

A – *Primeira situação de alta vivência - análise rápida/289*

B – *Segunda situação de alta vivência - análise detalhada/291*

III.4.2 - **A manutenção de um grupo de professores/pesquisadores na escola – um desafio a ser enfrentado/365**

III.4.3 - **Os professores avaliam o programa de química e discutem as limitações externas que lhes são impostas/**384

CONSIDERAÇÕES FINAIS/400

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/412

INTRODUÇÃO

Avoluma-se o debate sobre a *qualidade do ensino* já, de antemão, adjetivada de *baixa*, apenas confirmada pelos dados da última pesquisa do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e largamente difundidos pela *mídia*, com novas adjetivações como *medíocre, lastimável, ruim* (Gazeta Mercantil, 23/24 de Março, 1996), *desastroso* (Folha de São Paulo, 05 de Maio, 1996). Para os educadores e professores, engajados na luta por uma educação de melhor qualidade, principalmente a partir da década de 80, isto não é uma novidade.

> **"É nessa década que os professores, na forma de coletivos organizados, começam a participar intensamente do debate, afirmando o caráter profissional do trabalhador em educação e defendendo prioridades como as condições de trabalho do professor, a função pública dos serviços à educação, a gestão democrática das escolas"** (Marques, 1992 :23).

Passamos da metade da década de 90 e estas prioridades não foram contempladas nas políticas educacionais. Ao contrário, as carências educativas aumentaram nesses últimos anos. Acentuou-se, também, o fosso entre os que pensam e decidem sobre políticas e parâmetros educacionais e os professores que são convidados a executar as propostas de ensino produzidas fora do âmbito de atuação deles. Os debates promovidos ultimamente[1] entre os administradores educacionais, professores universitários e professores de escolas, vão apenas referendar aquilo que foi produzido por outros. Isto é histórico nas reformas educacionais no Brasil e, ao manter essa prática – não precisa ser profeta para prever – pouca coisa vai mudar nas salas de aula. Teremos, isto sim, muitos relatórios bem produzidos, com base nos controles implantados, mas a qualidade educativa proporcionada à população, deixará muito a desejar, pois a questão básica permanece intocada: **dar voz aos que fazem a educação por seu trabalho, os professores, e permitir, assim, a sua qualificação e profissionalização**. Dar voz aos professores, e a seus aliados na condução do processo da melhoria educativa, requer condições concretas de participação dos professores, em um movimento de baixo para cima, na realização das pesquisas e estudos sobre a prática educacional nas escolas, o que seria, na minha opinião, a forma mais sensata de

[1] Ocorre, desde o primeiro semestre de 1996, uma grande movimentação de professores e educadores, para debater os "Parâmetros Curriculares", gestados no âmbito do Ministério da Educação.

qualificar os professores em exercício e de permitir a sua profissionalização. Na forma de coletivos organizados, os professores seriam convidados a refletirem e a pensarem as suas práticas atuais, a analisarem os resultados das avaliações externas – também a qualidade dessas avaliações – bem como, as novas condições necessárias para que possam proporcionar uma educação melhor a seus alunos. Se isto for realizado, a sociedade exigirá, com certeza, muito mais para as suas escolas do que parâmetros curriculares, vídeos e antenas parabólicas. Essas soluções propostas são, na verdade, saídas de baixo custo, ardilosamente arquitetadas pelos avalizadores do projeto neoliberal em implementação no Brasil, para não mexer mais profundamente no grave problema social que é a exclusão de grande parcela da população da participação nos bens culturais da sociedade moderna.

> **"A distinção entre os que pensam e decidem sobre a educação, sem por isso se qualificarem como educadores, e os que a executam servilmente em práticas mecânicas, relegou, historicamente, a um plano secundário as funções e, conseqüentemente, a formação do educador. (...) Acima da questão da formação dos educadores coloca-se, freqüentemente, o problema dos métodos mais adequados ao ensino, numa concepção ritualística de método, cujo receituário exigiria apenas dóceis e hábeis aplicadores em práticas predefinidas por outrem"** (Marques, 1992 :15).

Na situação atual de carência em que têm sido mantidas as escolas e os professores, temos de reconhecer que mesmo a exigência de profissionais "dóceis e hábeis" para conduzirem o rito de práticas educacionais definidas por outrem é problemático. Não há condições nem para isso!

A preocupação com a formação de educadores profissionais, isto é, pessoas que não aceitam separar o pensar e o agir na educação, também não é prioridade nas grandes universidades públicas brasileiras, sendo relegada, muitas vezes, a uma atividade periférica e afastada das pesquisas e outras preocupações dos departamentos e/ou institutos dentro delas. Isto abriu espaço para outras instituições, muitas vezes, menos qualificadas e sem preocupações e/ou condições de realizarem pesquisas pertinentes ao trabalho educativo, se encarregarem da *titulação* de professores. Em ambas as situações, os professores são titulados sem terem realizado pesquisas essenciais à sua formação e ao seu exercício profissional. Há, no entanto, pesquisas importantes relativas à formação de professores, como atestam os congressos

realizados pela ANPED, ENDIPE e outros, mas elas não afetam a maioria dos professores que atuam ou vão atuar nas escolas, principalmente, os professores da área das ciências exatas e naturais. Essas pesquisas envolvem mais os cursos de pedagogia e pós-graduação na área educacional.

Quando a preocupação com a formação de professores é central em uma instituição formadora, como acontece, ainda, em minha instituição[2], é possível criar alguns espaços e conquistar avanços importantes. Entre eles está o trabalho com os professores em exercício que tem o mérito de produzir oportunidades qualificadas de estudo e reflexão aos professores e de proporcionar a reflexão crítica dos professores universitários sobre o curso de graduação que forma os professores. No âmbito das ciências exatas e naturais e da matemática, as ações junto aos professores tornaram-se mais consistentes a partir dos anos 80, quando os professores do curso de ciências constataram que nas escolas os professores formados na instituição limitavam-se a tentar transmitir conteúdos de ciências aos seus alunos conforme propunham os livros didáticos que estavam à sua disposição. As suas aulas, no entanto, eram parecidas como aquelas que haviam tido na universidade: centradas nos conteúdos sistematizados na forma de uma ciência constituída (de Física, de Química, de Biologia, de Matemática). O nível de aprendizagem exigida era o da memorização, muito de acordo com o que se exigia deles. A parte da formação pedagógica, de concepção avançada na universidade, não os influenciara decisivamente e nem a formação geral com as disciplinas de Sociologia, Filosofia, Antropologia.

Diante de tal concepção limitada da atividade docente, manifestada pelos professores de ciências e matemática, buscou-se sanar o problema através do projeto *Como Ensinar Ciências?* Por esse projeto foram produzidas atividades experimentais com base em alguns temas geradores, como alimentação, saúde e energia. O material, produzido pelos próprios professores universitários das áreas de química, biologia, física e matemática, foi 'repassado' aos professores em exercício nas escolas através de cursos de extensão de 30-40 horas, havendo a expectativa que o aplicassem nas suas salas de aula. Na outra ponta, formação inicial dos professores na graduação, definiu-se o ensino, **"tendo como parâmetro e objetivo maior, o atendimento ao ensino de 1º e 2º graus, tendo em vistas à experimentação nas áreas das**

[2] FIDENE/UNIJUÍ, RS. Iniciou suas atividades com a criação da FAFI, preocupada em "*fornecer aos estabelecimentos de ensino professores competentes e compreensivos das peculiaridades regionais*" (Marques, 1984 :34) e, ao tornar-se universidade, manteve a mesma preocupação e que cultiva até hoje. Atualmente mantém o Programa Institucional de Pesquisa e Pós-graduação em Educação, como uma das atividades centrais da universidade.

ciências e um enfoque especial na alimentação, saúde e energia, como suportes do equilíbrio e do bem-estar sociais" (Marques, 1984 :226). Já a partir de 1984, dentro de uma dinâmica maior do SPEC[3], sem perder de vista a idéia de continuar a produzir *material didático e instrucional* para o uso dos professores em suas aulas houve maior preocupação em envolver os professores do sistema nessa produção, ***"em um processo de formação contínua em novos parâmetros. Buscou-se tirar o professor do seu isolamento nas escolas, envolvendo-o em processos interativos centrados na participação sistemática em encontros organizados de estudo, na busca de mudanças localizadas no contexto próximo de atuação do professor"*** (Projeto da Revitalização do Curso de Licenciatura Plena em Ciências da UNIJUÍ, 1995[4]).

Estas ações já duram mais de 13 anos e mudaram as aulas da área de ciências nas escolas e a forma de agir dos professores:

> **"comprometimento de professores e de escolas no enfrentamento das dificuldades que surgem e na reconstrução das realidades; participação sistemática de professores em grupos organizados de estudos; organização do horário escolar em aulas geminadas, permitindo maior interação professor/alunos; criação de melhores condições físico-materiais junto às escolas para a realização de aulas experimentais de ciências; implementação de reformulações curriculares; proposição e adoção de metodologias participativas e interativas; elaboração conjunta de materiais instrucionais alternativos e sua utilização nas escolas, etc"** (Projeto da Revitalização da Licenciatura, 1995).

Estes esforços coletivos tiveram altos e baixos nesses 13 anos, mas foi a forma mais fecunda que encontramos para a formação continuada do professor de escola e do curso de licenciatura, dentro das condições existentes. O resultado mais consistente, produzido de forma integrada com um grupo interdisciplinar e inter-universitário de estudo e pesquisa[5], foi a criação e implantação de um novo curso de Licenciatura Plena em Ciências. Através desse novo curso os alunos começaram a participar de um movimento maior que integra escolas, delegacias de educação, órgãos municipais de educação, equipes de professores organizados, professores

[3] SPEC - Sub-Programa Educação para Ciências, da CAPES, MEC.
[4] Projeto em execução, desde julho de 1996, com recursos financeiros do SPEC, PADCT, CAPES, MEC.
[5] SUMECIM e ACOMECIM, projetos do SPEC, de ação conjunta entre universidades do RS, na área de formação de professores.

universitários. Ao se formarem estarão inseridos na dinâmica geral da formação continuada, com condições de participar dos avanços produzidos coletivamente.

O início desse trabalho, que foi sendo constituído coletivamente, deu-se em 1983 a partir de um encontro amplo de professores dos municípios de abrangência da 36ª DE e outros municípios de abrangência da UNIJUÍ. Naquele ano, os professores de ciências e matemática, reunidos para analisarem as condições de ensino de ciências e matemática em suas escolas, decidiram criar um dia de estudos e reflexões conjuntas, envolvendo os professores dessas matérias de 5ª a 8ª séries e professores da universidade. Esses grupos de estudos nos deram a convicção de que é possível mudar a aula para melhor através da constituição de um professor mais participativo no processo de criação curricular, o que efetivamente aconteceu naquela região no decorrer dos anos, após iniciado o processo.

Há nesse processo algumas características relevantes: grupos de professores que decidem 'tomar nas próprias mãos' o tipo de aula e o conteúdo que irão ensinar, tendo a orientação maior – parâmetros curriculares, por exemplo – como referência e não como fim; a prevalência dos coletivos organizados sobre indivíduos isolados, como forma de ação; a interação com professores universitários, envolvidos e comprometidos com a formação de novos professores; o compromisso das escolas com a formação continuada de seus professores e com a formação de novos professores compartilhando os seus espaços e conquistas; o apoio institucional e de autoridades educacionais locais às ações planejadas e executadas conjuntamente; apoio financeiro para a melhoria das condições materiais das escolas e de estudo dos professores, como aquele proporcionado pelo SPEC em nosso âmbito de atuação durante muitos anos. Estas características foram, na minha opinião, essenciais para os avanços conquistados.

Partindo dessa experiência com a formação continuada de professores, sem perder de vista as características essenciais apontadas, pensamos em organizar um grupo de professores, todos de uma mesma escola, a totalidade dos professores de uma só matéria, no caso os professores de química, para realizar a pesquisa de doutorado. A formação de grupos de ação e reflexão contempla uma tendência atual em que se procura deslocar o foco filosófico de sujeito cognoscente e ativo voltado para dentro de sua própria consciência, para um sujeito disposto a um agir comunicativo. O foco passa a ser a compreensão mútua entre sujeitos que procuram se entender sobre os fatos e as situações. Para isso, segundo Habermas (1990) os

participantes em interação coordenam os seus planos de ação através de acordos entre si.

O nosso grupo de ação e reflexão, e que se constituiria no decorrer do processo em grupo de professores/pesquisadores, foi organizado a partir da iniciativa das professoras de química de uma Escola Estadual de Primeiro e Segundo Graus de Campinas, SP. Motivadas pela implantação do Projeto de Escola Padrão[6] procuraram, na Faculdade de Educação da UNICAMP, apoio para um curso de 12 horas que versasse sobre o Construtivismo e o Ensino de Química. O curso envolveria todos as professoras de química da escola e seria desenvolvido dentro do tempo das HTPs[7], durante seis semanas, com início em março de 1993.

A escola, na qual trabalhavam as professoras, é tida como uma escola que recebe alunos da classe média, nas turmas do diurno, e estudantes trabalhadores, nas classes noturnas. Situa-se em bairro de classe média[8], próximo ao centro da cidade de Campinas. Inicialmente eram seis professoras, identificadas com os seguintes nomes fictícios na presente pesquisa: Graça, a coordenadora da área de ciências na escola e responsável pelos contatos com o grupo da FE, UNICAMP e responsável pelo projeto que permitiu a realização do curso inicial, e mais Sara, Isa, Ida, Ângela, Cenira. Por parte do departamento de metodologia, da FE UNICAMP, participaram inicialmente a professora Dra. Roseli Pacheco Schnetzler, professora/pesquisadora do DEME e responsável pelo proposta do curso, e mais dois alunos do programa de doutorado em Educação, a Andréa Machado e eu, e duas alunas da graduação de química, IQ da UNICAMP, com bolsa de iniciação científica concedida pela própria universidade. As duas alunas de graduação em química conduziram uma pesquisa sobre *idéias prévias* e *mudança conceitual* junto a um grupo de alunos da escola. Essa pesquisa teve grande influência em nosso trabalho junto às professoras pela constatação da não aprendizagem de conceitos químicos fundamentais e já desenvolvidos no programa de ensino praticado na escola. A partir da pesquisa realizada, as professoras puderam analisar melhor o resultado de seu trabalho e problematizar o seu próprio ensino. A

[6] Um Projeto da Secretaria de Estado de Educação, Estado de São Paulo, governo Fleury. Dentro da implantação do Projeto nas escolas, os professores tinham a oportunidade de proporem projetos de auto-aperfeiçoamento profissional e recebiam apoio da Secretaria.

[7] HTP - Horas de Trabalho Pedagógico. Dentro do Projeto "Escola Padrão", os professores tinham um certo número de horas semanais alocadas para o estudo conjunto nas escolas. Deveriam ser horas de auto-aperfeiçoamento didático-pedagógico dos professores, organizados em grupos de estudos. É assim que se organizou, originariamente, o grupo de prodessores de Química na Escola.

[8] Segundo percepção das próprias professoras e com base em trabalho de pesquisa e levantamento realizado na escola sob a coordenação da professora de sociologia da mesma escola.

aprendizagem dos alunos, ou falta de uma aprendizagem mais significativa deles, abalou a certeza, muitas vezes manifestada pelas professoras nas reuniões, que a aprendizagem dos alunos era apenas uma questão de vontade de aprender e de maior dedicação aos estudos por parte deles. Devia haver, também, problemas no ensino, como a concepção de conhecimento químico, seqüência de conteúdo, metodologia de trabalho, currículo, sistema de avaliação adotado, etc.

Todas as professoras da escola que integraram a equipe inicial eram formadas em química, tendo bacharelado e/ou licenciatura, sendo que várias delas haviam realizado pós-graduação em química, sendo doutora em química a Cenira e que saiu da escola logo no início da constituição do grupo, doutoranda a Isa, mestrandas a Ângela e a Ida. Sara tinha boa experiência com trabalho em química fora do âmbito educacional, com atuação em empresas ligadas à industrialização química. Em 1995 entraram no grupo, para substituir professoras que haviam saído da escola, a professora Alda, com o curso em engenharia química, o professor Davi, licenciado em química, mais o professor Luís, licenciando em química e que fez o seu estágio na escola, e o professor Gustavo, bacharel em química recém formado.

Os trabalhos foram iniciados conforme a solicitação inicial, ou seja, um curso de 12 horas. Mas desde logo abriu-se a possibilidade de criar um grupo de estudos mais permanente, de interesse das professoras da escola e dos professores ligados à universidade. Por isso mesmo gravamos as reuniões em áudio, desde o início, e que viria a se tornar importante material de análise na presente pesquisa.

Durante o primeiro semestre de 1993 o foco das discussões estava centrado, mais intensamente, sobre conceitos básicos de **ensino, aprendizagem, conteúdos de química, papel do professor e do aluno** na escola, sempre em perspectiva construtivista, conforme fora o desejo inicial das professoras, mesmo para muito além das 12 horas iniciais de curso. No segundo semestre de 1993, devido à longa greve do magistério paulista, o grupo não pôde se reunir mais, a não ser no final do ano para uma reunião de avaliação e a discussão da possível continuidade dos trabalhos no ano de 1994. Foi decidida a continuidade do grupo de estudos e esta viria a compor o trabalho agora apresentado.

O acordo feito com as professoras foi o de que desenvolveríamos a pesquisa como forma de desenvolvimento profissional e intelectual de cada membro do grupo, na forma de trabalho coletivo. Não teria sentido uma pesquisa que tentasse captar a situação atual e cristalizada da prática das professoras. Ela teria de ter em vista a

mudança da prática pedagógica em curso com base em teorias educacionais veiculadas no grupo como instrumentos de mediação do desenvolvimento de cada um. Com base no pensamento de Vygotsky e seus interlocutores atuais, iríamos proporcionar a possibilidade de cada professora se apossar desses instrumentos teóricos que as teorias estavam proporcionando e, desta forma, facilitar o desenvolvimento intelectual e profissional dos participantes do grupo de estudo e pesquisa. Essa seria uma forma de ver a pesquisa também como instrução, ação intencional, e não, apenas, constatação de estágios consolidados de práticas das professoras, sobre ensino e aprendizagem de química, aluno, professor, conteúdos de química, etc. Esta própria concepção teórica com relação à pesquisa, que faríamos conjuntamente, tornou-se mais lúcida no decorrer da sua realização e, mais especificamente, ao refletir sobre seus resultados na elaboração da presente tese.

A percepção das professoras sobre a melhor forma de seu desenvolvimento foi diferente, muitas vezes, do que imaginávamos. Por exemplo, elas desejavam que eu ministrasse cursos de como deviam ensinar determinado conteúdo de química, cursos sobre quais experiências ou práticas deveriam realizar, como avaliariam, etc. Era como se vissem em mim uma solução técnica para os problemas de ensino e aprendizagem que estavam tendo. Não era essa a minha visão no grupo e lutei muito para desarticulá-la. Via nisso uma situação típica, sempre presente quando atuamos com professores do ensino médio e fundamental, de busca de saídas técnicas para problemas práticos ou de grande complexidade como são os problemas de sala de aula. Ao partir dos professores a busca desse tipo de saída, podemos ver o quanto está dominada ou colonizada a profissão do magistério em seu *locus* específico de execução. A escola é um mundo da vida das pessoas e ele foi colonizado pelo mundo do sistema, como veremos mais adiante apoiando-nos em Habermas. Mais soluções técnicas manteriam intacta essa colonização! A intenção era a de fortificar as ações coletivas no grupo que, com base na ação comunicativa, permitiriam a descolonização de uma parcela do mundo vivido da escola. O acordo foi o de que a melhor forma de mudar a prática nas aulas, seria a produção conjunta de conhecimentos profissionais que pudessem ser utilizados imediatamente pelas professoras e de conhecimentos escolares importantes de química e de interesse dos alunos. Esta seria, também, a melhor forma de produzir conhecimentos pedagógicos úteis na pesquisa e que pudessem ser avaliados por outros professores e educadores.

Como foco de ação do grupo escolheu-se o programa de química, concebido de forma ampla, partindo do que as professoras faziam e por que o faziam assim. As professoras tiveram oportunidade de expressar os seus conhecimentos profissionais tácitos, as suas crenças, as suas visões de ensino e aprendizagem, a compreensão do papel do aluno e do professor no processo, de conhecimento químico, etc. Tornaram-se, assim, pesquisadoras de sua ação, pesquisadoras de sua prática, em construção coletiva. O grupo potenciou a "fala" de todos e esta permitiu a produção do conhecimento de forma coletiva. Essa forma de relevar a razão comunicativa e não a razão técnica – de soluções prontas para um "bom programa" – permitiu que a intervenção de um membro ajudasse a explicitar melhor o pensamento do outro e a produção do conhecimento de forma oral e por escrito começou a acontecer. O processo instalado possibilitou a cada professora produzir as suas aulas, o seu programa, a sua avaliação. É esse processo que desejamos possa ser validado como prática pedagógica de formação continuada de professores.

O professor/pesquisador que pretendemos seja constituído, em sua formação inicial e em formação continuada, e que se constitui meta dessa pesquisa, é aquele capaz de refletir a sua prática de forma crítica e de ver a sua realidade de sala de aula para além do conhecimento na ação e que consiga responder, reflexivamente, aos problemas do dia-a-dia nas aulas. É o professor que explicita suas teorias tácitas, reflete sobre elas e permite que os alunos expressem o seu próprio pensamento e estabeleçam um diálogo reflexivo recíproco para que, dessa forma, o conhecimento e a cultura possam ser criados e recriados junto a cada indivíduo. É o professor/ pesquisador que vê a avaliação como parte do processo e ponto de partida para novas atividades e novas tomadas de rumo em seu programa de trabalho.

Ao estabelecer essas metas, na verdade, ousadas, eu estava dando um rumo ao meu trabalho ou lhe definindo uma direção e um sentido. O rumo apontava para aquelas metas definidas no parágrafo anterior e que são construções sociais que expressam aspirações dos educadores para resolverem alguns dos problemas educacionais atuais, aqueles que dizem respeito mais aos profissionais da educação. Ao propor a idéia do professor/pesquisador como prática pedagógica, em parâmetros diferentes daqueles consolidados na pesquisa acadêmica hegemônica, fazendo a pesquisa na prática que lhe permitisse desenvolver uma constante *conversação reflexiva com a situação*, tendo em vista a sua modificação (Schön, 1992), estava também definindo um desenvolvimento otimizado de professores, um *telos*, na

expressão atual de alguns estudiosos da pesquisa em ciências humanas. Toda a intencionalidade da ação visava a atingir aquelas metas definidas. Por isso, todo o material de pesquisa construído no processo deve ser visto como produto intencional, inserido no processo, nunca como material "captado" por alguém de fora observando o processo sem participar dele. Toda a produção da pesquisa está impregnada com as intenções de atingir aquelas metas, de atingir um fim, que é o professor/pesquisador de sua prática com vistas à mudança. Esta é uma metodologia válida dentro da visão sociocultural ou histórico-cultural de pesquisa educacional, e mais do que isto, dentro dessa visão de investigação, o pesquisador sabe que todos os instrumentos que vai utilizar, bem como os princípios de análise e projeção dos resultados, sua validação, são construções sociais, portanto uma possibilidade entre outras (Smagorinsky, 1995). A própria pesquisa se constitui em instrumento de mudança para os fins coletivamente definidos. Portanto ela também é meio ou mediação da mudança. Através dela, outros instrumentos são usados, como a reflexão na ação, a reflexão sobre a prática, as teorias pedagógicas, as teorias de produção da ciência, a interação no grupo, e principalmente a linguagem como forma da ação comunicativa, de organização do pensamento, de constituição dos sujeitos e do planejamento das novas ações.

A prática corrente das professoras já se mostrara problemática, e elas se davam conta disso, mais e mais, no processo implementado. A pesquisa revelou que as suas concepções e representações de ensino, aprendizagem, aluno, professor, conteúdos de química, tinham sido formadas na ambiência escolar, com base no senso comum não refletido, distante das construções da ciência. Essas concepções e crenças tácitas levavam a uma prática que não respondia às expectativas delas e dos alunos e estavam bem distantes do que as teorias pedagógicas e científicas mais recentes poderiam proporcionar. Sabemos que estas são construções sociais também, portanto, uma entre muitas maneiras de produzir a ação pedagógica e a ciência. Mas era nelas que passamos a acreditar e, com base nelas, nos constituímos todos diferentes no processo. Na forma de grupo de estudos e pesquisa definimos um fim e os meios para atingi-lo, rejeitando na prática um pressuposto fundamental da racionalidade técnica[9] que costuma atrapalhar a resolução de situações práticas como essas em que estávamos envolvidos.

[9] Segundo Donald Schön, ao prevalecer a racionalidade técnica nas ações humanas, os fins são definidos segundo a solução técnica concebida para casos ideais, fora do contexto da prática. Aí se usam todos os meios para atingir o fim, mesmo que o fim não se justifique no real.

Ao ocuparmos um espaço, sempre possível em uma escola concreta, pensamos em contribuir com novas frentes de trabalho na formação de professores de ciências, especialmente de professores de química. Procuramos criar um núcleo de produção científico-pedagógico na escola, lá onde deve acontecer a mudança da sala de aula, constituído por professoras da escola, professores universitários e alunos de graduação em química.

A produção de conhecimento pedagógico dentro de um grupo de pesquisa na escola pode mudar as práticas pedagógicas dos professores envolvidos, e servir de indicativos para a formação de novos professores. Algumas condições iniciais permitiram o processo e as julgamos determinantes para que possa ser reiniciado em outros grupos: i) que haja professores disponíveis e motivados para iniciar um trabalho reflexivo conjunto e dispostos a conquistar o tempo e local adequados para fazê-lo; ii) que a produção científico-pedagógica se dê sobre a atividade dos professores, mediante reflexão sobre as suas práticas e seu conhecimento na ação, sendo as teorias pedagógicas a referência e não o fim; iii) que os meios e os fins sejam definidos e redefinidos constantemente no processo e de dentro do grupo; iv) que haja compromisso de cada membro com o grupo; v) que a pesquisa do professor sobre a sua atividade se torne, com o tempo, parte integrante de sua atividade profissional e se justifique primeiro para dentro do contexto da situação e, secundariamente, para outras esferas; vi) que se discuta o ensino, a aprendizagem, o ensinar, e o aprender da ciência química, ou outras áreas do conhecimento humano, que cabe à escola proporcionar aos alunos, sempre referenciado às teorias e concepções recomendadas pelos avanços da ciência pedagógica comprometida com os atores do processo escolar e não com as políticas educacionais exógenas; vii) que os professores universitários envolvidos tenham experiência com os problemas concretos das escolas e consigam atuar dentro do componente curricular objeto de mudança, que pode ser interdisciplinar ou de disciplina única. Estas e outras condições visam a garantir que a pesquisa e a produção pedagógicas se dêem naquela situação concreta da escola e do grupo organizado. De pronto abdicamos da pretensão de validade universal das produções realizadas e defendemos que cada grupo de professores de uma determinada escola deva produzir o seu projeto curricular de ensino em qualquer matéria, seguindo parâmetros amplos que reflitam as idéias gerais da comunidade dos educadores ligados àquela matéria, e produza, conjuntamente, as condições para realizá-lo; a referência será, também, o projeto daquela escola.

A produção pedagógica, em nosso caso relativa ao ensino de química, seria tanto mais consistente quanto mais claras fossem as idéias gerais que orientariam o grupo em termos epistemológicos amplos, tanto das que tratam da natureza da ciência química quanto das implicações sociais do "progresso" dessa ciência e, também, das condições psicológicas e sociais para a construção/reconstrução do conhecimento químico junto a cada professor em sua classe e junto a cada aluno. Se a crença em um conhecimento químico definitivo, sem espaços para a recriação em situações diversas, fosse mantido pelos membros do grupo, provavelmente a produção pedagógica seria muito pobre. Daí o eixo epistemológico permear todo o trabalho através de preocupações como: como envolver os jovens com a aprendizagem da ciência de forma crítica e responsável tendo em vista a melhoria das condições de vida de toda a população e não de uma minoria privilegiada? qual a forma da produção da ciência? como esta ciência se traduz em bens tecnológicos? quem mantém o controle sobre essa produção? quais são os beneficiários da produção da ciência? como ela modifica o homem através da história? como se organiza o pensamento em torno da produção científica? quais os limites da visão positivista da ciência e, mesmo, da visão aristotélica e outras? por que a ciência moderna não conseguiu cumprir a sua "promessa" de poder resolver todos os problemas da humanidade, excluindo grande número de pessoas do acesso aos bens tecnológicos que ela proporcionou?

Sem negar as conquistas da ciência moderna, focamos bastante a crise em que ela se encontra. Crise no sentido de ter de tomar um rumo diferente ou retomar o rumo que a ciência moderna traçara inicialmente. O grande desenvolvimento tecnológico em que nos encontramos exige, sempre mais, soluções que o sustentem. Estas são produzidas dentro das comunidades científicas e que, por sua vez, também exigem, sempre mais, o desenvolvimento tecnológico. A conseqüência desse processo dialético é a sobreposição de uma única racionalidade, a racionalidade instrumental ou técnica. Isso tende a favorecer mais as soluções técnicas para os problemas práticos da sociedade e que são, muitas vezes, inadequadas e criam problemas maiores do que aqueles que deviam ser solucionados (Schön, 1983, 1987). Há, então, a necessidade de um novo paradigma para o desenvolvimento científico e tecnológico. As tentativas de produzi-lo indicam a necessidade de contemplar objetos complexos, contextualizados, na produção da ciência e da tecnologia pós-modernas. Por isso busco apoio em Habermas, Souza Santos e Schön. Todos eles sugerem uma nova epistemologia da produção da ciência da qual todos devem participar. Relevar a *ação*

comunicativa como forma de viabilizar isso parece-me adequado, pela ênfase que dá ao mundo vivido das pessoas. A escola constitui um espaço do mundo da vida onde o entendimento, através da ação comunicativa, é base da ação pedagógica. Souza Santos vê a necessidade da *segunda ruptura epistemológica* pelo qual defende o retorno do conhecimento científico, produzido nas comunidades científicas, ao meio social para permitir um senso comum mais refletido. Schön defende a criação de uma nova *epistemologia da prática* pela qual os profissionais estarão mais atentos às respostas da situação devido a uma ação realizada. Através da nova epistemologia da prática os profissionais contariam, também, com a intuição e criatividade, mais próprias dos artistas, e não apenas com as prescrições técnicas, derivadas dos princípios universais gerados na descontextualização. A pesquisa passaria a produzir conhecimento contextualizado, de caso único, com vistas à solução de um problema prático.

Os dados da pesquisa foram obtidos a partir das transcrições de fitas em áudio e foram organizados de tal forma que permitissem uma análise do pensamento dos professores sobre o específico de sua atividade: **propor e executar um programa de ensino de química para alunos do grau médio de uma escola pública que abriga estudantes de classe média em turno diurno e alunos, na maioria trabalhadores, em turno noturno.** Nesse processo, mais do que analisar pensamentos consolidados dos professores, nos interessava ver o desenvolvimento de seus pensamentos e suas idéias ao serem envolvidos, de forma mediada, na reflexão/investigação de suas práticas atuais e nas práticas já modificadas pela produção realizada nos grupos de estudo. Os focos de preocupação foram sempre a natureza da ciência química, sua criação/recriação em sala de aula, a aprendizagem em química, a mediação do ensino, o papel do aluno e papel do professor na interação ensino/aprendizagem.

As mediações foram proporcionadas pelas leituras e falas de todos os membros do grupo em suas diversas formações. Através das falas eram veiculados princípios teóricos relativos à natureza da ciência química, organização de um programa de ensino, a qualidade da aprendizagem dos alunos, situações de sala de aula, conteúdos pedagógicos de química, etc.

Ao se apropriarem dos instrumentos de produção de seu programa de ensino, as professoras estavam se desenvolvendo mentalmente e realizando a sua produção pela pesquisa. Por isso as consideramos professoras/pesquisadoras. Por sua vez, a pesquisa coletiva proposta junto às professoras, partindo, também, de um projeto acadêmico, era uma instrução pedagógica explícita junto à zona de desenvolvimento

proximal, proposta por Vygotsky. Dificilmente as professoras conseguiriam fazer sozinhas os avanços que foram produzidos de forma mediada, tanto pelos instrumentos colocados à disposição, quanto pelas ações derivadas do projeto de tese, como a produção de um programa de química em novas bases epistemológicas, reflexão sobre as avaliações e as produções dos alunos, etc. Por outro lado, ao produzirem propostas novas de ensino que pudessem proporcionar um desenvolvimento mais qualificado de seus alunos, as professoras também estavam investigando ou pesquisando. Como professoras e pesquisadoras estavam ensinando e pesquisando através da mediação da aprendizagem, conforme Smagorinsky, ao analisar o modelo sociocultural de pesquisa e ensino quando afirma: **"pesquisadores ensinam mediante sua mediação da aprendizagem do aluno; professores pesquisam mediante sua mediação da aprendizagem do aluno"** (Smagorinsky, 1995 :205).

Metodologicamente não tive a preocupação de esperar a posse definitiva dos instrumentos de mediação pelas professoras para então fazer a produção do programa de ensino. Essa posse se dava gradativa e concomitantemente, à medida em que elas refletiam mais sobre a sua prática. Da mesma forma se dava a construção das unidades de ensino e, posteriormente, um programa mais completo. As professoras analisavam as situações que se criavam em sala de aula, refletiam sobre elas, modificavam-nas pela própria reflexão e ação e vinham contar tudo isso ao grupo. Novos instrumentos de mediação eram proporcionados nessas ocasiões e, de posse deles, novas produções eram realizadas.

No capítulo I preocupei-me mais em descrever a situação problemática da formação inicial dos professores. Há nessa formação condicionantes muito sérios tanto internos, de responsabilidade das instituições formadoras, quanto externos, de responsabilidade da sociedade civil e administrações públicas, para um bom programa de formação docente. Na própria descrição dessa situação problemática procuro apoiar-me em autores e pesquisadores que tratam de questões semelhantes como são aquelas ligadas à formação de professores em outros países ou ligados à concepção de formação profissional de forma mais ampla nas universidades. Preocupei-me em inserir algumas falas das professoras na descrição do problema, principalmente as falas iniciais sobre temas mais amplos ligados à sua formação e atuação profissional, bem como as falas dos professores universitários em interação no grupo, mostrando o processo de negociação e a amplitude do problema que deveria ser analisado e

enfrentado coletivamente. As pontas mais salientes da situação problemática que se descortinava mais e mais, à medida em que avançava no processo, e que eram obstáculos mais sérios à produção do grupo, indicavam a concepção problemática de ciência e de química por parte das professoras, o processo de ensino e aprendizagem desenvolvido na matéria de química e a percepção e/ou frustração pela enorme desvalorização profissional do professor na sociedade atual. O enfrentamento dessas situações era feito na interação, na busca de teorias explicativas e na busca de saídas possíveis.

No capítulo II procurei aprofundar mais os modelos teóricos explicativos da situação descrita e analisada em primeira instância. Os três autores utilizados convergem na busca de saídas para as situações práticas, tentando criar novas epistemologias e práticas científicas também preocupadas com os valores sociais e a qualidade de vida das pessoas. Com esses autores procurei aprofundar o eixo epistemológico que permeia todo o trabalho realizado, tanto na concepção de ciência química e pedagógica, quanto na produção recriação do conhecimento nas práticas pedagógicas nas interações professor/alunos e professor/ professor. Parti da hipótese de que a concepção científica define o trabalho pedagógico desenvolvido nas aulas, apoiando-a na análise rápida de alguns modelos pedagógicos em voga. Assim como a ciência precisa de dois sentidos, ser suficientemente relevante para a comunidade científica e ser importante para as pessoas fora dela, a prática pedagógica precisa atender ao específico escolar de permitir o acesso aos conhecimentos científicos e possibilitar o desenvolvimento mental dos indivíduos em sua capacidade de participação responsável do entorno social, apoiando-me, principalmente, em Vygotsky. Nesse contexto aponto a possibilidade de desenvolver, conjuntamente com as professoras, um programa de ensino de química com base na tendência histórico-cultural ou sociocultural, conforme me era possível compreender essa possibilidade.

No capítulo III procuro mostrar como é possível constituir um grupo de produção de novas ênfases curriculares partindo da prática das professoras, tematizando essas práticas e refletindo sobre elas. Dessa forma estávamos partindo das vivências das professoras, confrontando-as com as teorias que estávamos veiculando. Essas teorias permitiam novos níveis de compreensão das vivências e a negociação de novos significados para outras práticas das professoras. Algo semelhante deveria acontecer no processo de ensino e aprendizagem nas aulas de química. Assim, as professoras estavam vivenciando um processo que também

tentavam desenvolver em suas aulas. O desenvolvimento de um novo programa de ensino de química, entendido aqui como construção/reconstrução de conhecimentos químicos, concepção do processo de ensino/aprendizagem, avaliação, desenvolvimento mental, interação professor/aluno, exigia uma ruptura importante e de difícil execução: a ruptura com o programa tradicional de ensino de química elementar. Há um tal consenso em torno do desenvolvimento de um programa inicial de ensino de química, formado no senso comum não refletido, que torna a ruptura extremamente difícil. Foi possível fazê-lo em nosso grupo de pesquisa e foi o que possibilitou o trabalho de reconstrução de um programa e a produção do grupo. No capítulo III, bastante longo e detalhado, tenho essa preocupação de mostrar a pesquisa das professoras em torno das novas ênfases curriculares nas quais começaram a acreditar e sua divulgação junto aos novos professores que começaram a participar do grupo em 1995. Mostra, também, as dificuldades e recuos de um ou outro membro do grupo, em certos momentos.

O processo implantado possibilitava o entendimento das professoras e professores sobre a necessidade de criar novas ênfases curriculares no ensino de química, ênfases mais interessantes e que possibilitassem o desenvolvimento mental dos alunos muito mais que o programa tradicional de ensino de química. De forma geral, como se pode perceber a partir das falas das professoras e de suas aulas, os alunos manifestaram mais interesse pela química, tradicionalmente rejeitada nas escolas, desenvolveram o pensamento químico sobre situações da vivência deles e conseguiram desenvolver novas vivências a partir do conhecimento químico. Isto está documentado na análise de um conjunto de aulas da primeira série do nível médio de uma das professoras, a professora Graça. As aulas se referem a uma das unidades de ensino desenvolvidas coletivamente e foram gravadas em vídeo e áudio. As transcrições das fitas permitiram analisar as novas práticas que a professora procurou desenvolver a partir do trabalho coletivo realizado. As fitas de vídeo, relativas a aproximadamente 15 horas-aula para cada uma das três unidades acompanhadas, possibilitaram, também, a análise das aulas pelos colegas e a introdução de novos professores no grupo com a finalidade de tomarem o primeiro contato sobre a natureza das aulas de química a partir do programa de ensino reformulado.

A produção da pesquisa educacional na forma proposta é muito desafiadora e produz uma quantidade enorme de dados possíveis. Durante todo o processo foram gravadas mais de 100 fitas em áudio, transcritas e analisadas. Os extratos dessas

transcrições que aparecem no texto da tese são representativos de algumas situações que foram os focos principais de nossa preocupação em viabilizar a produção das professoras. Ficou muito claro que a produção oral dos professores é considerável e de grande importância na pesquisa educacional. A prática em que se acham envolvidos 'hiperdesenvolve' as falas dos professores e pode atrofiar a escrita. É importante levar isto em conta quando se faz pesquisa educacional! Os professores das escolas têm muitas idéias que desenvolvem em suas vivências e conseguem expressá-las oralmente no grupo, mas têm, em geral, razoável dificuldade em expressar essas mesmas idéias por escrito. Procurei relevar a expressão oral das professoras e acompanhar as suas aulas nas quais colocam toda a sua energia profissional e conseguem fazer a sua produção.

Na aula as professoras procuraram desenvolver as novas práticas a partir do trabalho coletivo. Apresento no presente texto uma análise mais detalhada do trabalho desenvolvido por Graça, relativa a uma das unidades produzidas para a primeira série do ensino médio. Procuro contextualizar essa unidade dentro do programa proposto para toda a série. A mesma riqueza de dados pode ser vista no desenvolvimento das unidades de ensino realizada por Sara e Ângela, respectivamente na segunda e terceira séries, e que não foram objeto de análise na apresentação do presente trabalho para não se tornar excessivamente extenso.

No final do capítulo III apresento, na íntegra, a transcrição da reunião final de avaliação que os professores – as duas professoras do grupo inicial e mais dois professores novos – fizeram sobre o processo em que estiveram envolvidos. Ela permite ver algumas potencialidades do processo para a mudança do professor e da melhoria do ensino de química e, também, alguns limites. Mostra, ainda, que as condições de trabalho e salário pioraram, ainda mais, nos últimos anos, para o magistério paulista.

Penso ser a profissionalização do professor um requisito básico para a melhoria educativa em todos os níveis e vislumbro possibilidades concretas para que isso possa acontecer sob o ponto de vista de sua preparação intelectual. Estou convencido, no entanto, que essa possibilidade se torna quase nula se pensarmos a realização profissional do professor sob o ponto de vista de sua valorização social, condições de trabalho e ganhos salariais. Definitivamente, o professor não pode ter uma sobrevivência digna com os baixos salários que recebe dentro de uma jornada de 40/44 horas de trabalho semanais, principalmente no serviço público. Para poder

sobreviver ele precisa aumentar muito a sua jornada de trabalho buscando lecionar em escolas particulares, cursinhos preparatórios, aulas particulares ou em outros tipos de trabalho. Relatos nesse sentido são sempre mais freqüentes.

O próprio professor, principalmente o professor de educação fundamental, vê um mercado aberto para o seu trabalho, pouco exigente de qualificação para o exercício da docência, conforme Silke Weber (1996). Isto se reflete, também na alta rotatividade dos professores nas escolas conforme relata Graça na avaliação final.

A percepção do exercício do magistério – já há mais tempo no ensino fundamental – como sendo uma profissão feminina, compatível com a execução das tarefas domésticas, é histórica, sempre evocada para justificar os baixos salários percebidos pelas professoras, como algo complementar para o rendimento familiar. As próprias professoras, principalmente do grau fundamental, admitem a escolha profissional com base nos valores culturais de seu meio: é o magistério uma profissão feminina, legitimada socialmente ou como última possibilidade profissional, possível de ser conquistada em cursos noturnos mais baratos (Souza, 1996). Sabemos, também, que em outros graus de ensino como o ensino médio e superior, mais precisamente na área de ciências exatas e naturais, a entrada das mulheres no mercado foi mais tardio, pois era um mercado 'reservado' aos homens.

A professora e pesquisadora Gelsa Knijinik (1996), ao analisar a organização dos professores ligados ao MST, RS, conclui que não há tarefas masculinas ou femininas em si mesmo, como a tarefa de educação fundamental; **"a tarefa era designada para o homem ou para a mulher conforme o sentido e a importância de que era revestida"** (Knijinik, 1996 :25). Assim, também, os ganhos salariais e o reconhecimento profissional de professor eram gradativamente mais elevados com os avanços nos graus de ensino em que era praticado. Os próprios planos de carreira do magistério eram projetados com base nessa visão. Hoje, com a entrada das mulheres nos outros graus de ensino, os governantes "concedem abonos" e mantêm os salários básicos em níveis baixíssimos, até menor que o salário mínimo, prática em vigor no RGS, por exemplo, nos últimos anos. Com isso as professoras de hoje, mesmo no ensino médio, continuam pessimamente remuneradas. A tarefa passa a ser definida como 'feminina' também para o ensino médio, isto é, a tarefa da educação se reveste de pouca importância e é desvalorizada profissional e socialmente. Percebe-se, sempre mais, que os professores e professoras se constrangem em falar de sua profissão quando exercida no ensino médio e fundamental. Para o professor

universitário, de preferência atuando na pós-graduação, ainda resta algum orgulho profissional. Mas de forma geral, a profissão é vista como profissão de classe pobre para a qual representa, ainda, alguma ascensão social, diz Silke Weber.

Aparecida Neri de Souza mostra igualmente em sua pesquisa que o exercício de magistério não é profissão feminina porque permite conciliar diversas jornadas de trabalho: professora, mãe, dona de casa, pois a maioria cumpre dois ou mais períodos diárias de docência, em uma ou mais escolas. Na verdade, diz Souza,

> **"o Estado compreende o professor da escola pública estadual como trabalhador fragmentado em vários locais de trabalho e isolado na sala de aula, tendo como pressuposto a desconsideração das especificidades do trabalho docente assim como as singularidades dos alunos; ambos são apreendidos de forma abstrata"** (Souza, 1996 :212)

Finalmente,

> **"A ausência de reconhecimento da importância social do professor é, pois, um obstáculo importante do processo de profissionalização docente, e sua superação implica não apenas a definição de outros padrões de remuneração, mas também a delimitação de competências específicas, ou seja, a institucionalização de requisitos restritivos do ponto de vista da formação inicial e continuada e do próprio exercício da atividade"** (Weber, 1996 :88).

CAPÍTULO I

-OS PROFESSORES DA ÁREA DE CIÊNCIAS-
ENCRUZILHADA DE CAMINHOS

I.1 - *A Formação de Professores e Melhoria Educativa: preocupações.*

A melhoria da qualidade educativa é uma preocupação constante de educadores, pesquisadores, governantes, população marginalizada, população privilegiada, nações ricas e nações pobres... Quando as nações, isoladamente ou em grupos, como as nações da Comunidade Européia, do Mercosul ou do Nafta, ou ainda os chamados Tigres Asiáticos, pretendem atingir um novo patamar político-econômico-social ou superar a atual crise do capitalismo, seus povos começam a pensar em uma outra 'qualidade educativa'. No centro dessa preocupação está a formação dos professores e as suas condições de trabalho. Veja-se, por exemplo, a realização do Simpósio Internacional *Reformas Educativas e Formação de Professores* na Universidade de Lisboa em 1991, cuja preocupação principal foi refletir sobre as práticas e as políticas de formação de professores tendo em vista reformas educativas que estavam se realizando em muitos países. Participaram do simpósio especialistas de onze países de diversos continentes e, a partir do qual, surgiu o livro ***Reformas Educativas e Formação de Professores***, organizado por Nóvoa & Popkewitz (1992). Dos treze textos escritos, cuja preocupação foi lançar **"um olhar crítico e reflexivo sobre as reformas educativas"**, doze deles abordam, diretamente, a questão da formação dos professores como central para se atingir qualidade educativa melhor e mais adequada para os novos tempos. Com a mesma preocupação, Estados Iberoamericanos estão se organizando em nível de governos para tratar, conjuntamente e com mais competência, a questão da educação, da ciência, da cultura e da tecnologia. A OEI - Organização de Estados Iberoamericanos - está, também, patrocinando encontros com as comunidades científicas envolvidas com a educação para que se produzam documentos e subsídios que possam ajudar os governos desses países a tomarem medidas eficazes para a melhoria educativa. A OEI e o Ministério de Educação e Ciência da Espanha sustentam um programa denominado IBERCIMA - *Programa Iberoamericano de Esnseñanza de las Ciencias y la Matemática en el Nivel Medio* - dentro do qual se produzem importantes documentos como o *"Diagnóstico sobre la Formación Inicial y Permanente del*

Profesorado de Ciencias y Matemática en los Países Iberoamericanos"[1], e que podem ser de grande valia para a tomada de decisões sobre reformas curriculares e ações de melhoria no ensino de ciências e matemática, por parte de estudiosos e de governos dos países envolvidos.

Por iniciativa e patrocínio da OEI e do IBERCIMA, e com o apoio da FEUSP, CAPES e NUPES, foi realizado, em novembro de 1995, o Seminário Iberoamericano, na Universidade de São Paulo, sobre a *formação continuada de professores de ciências*. Os participantes no seminário tiveram oportunidade de conhecer iniciativas significativas de diversos países iberoamericanos, estudar propostas de inovação e sugerir medidas aos governantes que pudessem ser mais eficazes e duradouras no campo da formação continuada de professores. Entre os especialistas, reunidos no seminário, foi consensual a idéia de que não é suficiente a formação inicial dos professores de ciências, em nível de graduação, pela própria complexidade da ação pedagógica em geral e da formação em ciências em especial, e que é necessária a criação de sólida estrutura de formação continuada para conseguir as mudanças curriculares desejadas, sem interrupções devido à conjuntura política.

Estas iniciativas e outras, em nível internacional, com o engajamento de especialistas de muitos países, parecem indicar que a questão da formação de professores, tanto em sua formação inicial quanto continuada, é hoje uma questão importante, mas pouco explorada, e que não admite simplificações e improvisações.

No Brasil foi criado um importante programa de apoio a iniciativas de grupos de professores e pesquisadores de instituições de ensino superior e de órgãos administrativos de educação (Secretarias de Estado de Educação, Secretarias Municipais de Educação), preocupados com a educação científica, denominado **Subprograma Educação para a Ciência** - SPEC - implementado e administrado pela CAPES, dentro do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico -PADCT - apoiado pelo Banco Mundial. O SPEC teve início em 1983 e continua em vigor até hoje. Apesar dos problemas de irregularidade do fluxo de recursos para os projetos, houve importantes avanços na forma de conduzir a formação de professores, tanto em sua formação inicial quanto continuada, em diversas regiões do País, como, por exemplo, a interação universidades/escolas de 1º e 2º graus no processo de formação dos professores de ciências e a criação de núcleos de estudos e pesquisas educacionais (Gurgel, 1995).

[1] BERMÚDEZ R., CARRASCOSA J. et al. OEI/IBERCIMA, Madrid,1994.

Tornou-se moda, hoje, no Brasil, falar da baixa qualidade educativa oferecida e da necessidade urgente de mudar esse quadro. Estas falas ou críticas, partem, também, de órgãos governamentais que administram a educação, tornando-se consenso em todas as esferas. As medidas governamentais tomadas, ao menos até aqui, têm muito de simplificação e improvisação! Muitas vezes, por exemplo, são propostos simples cursos de "treinamento" de professores, em cursos de curta duração em períodos de férias escolares, geralmente executados através de "rede de monitores", como solução adequada para a melhoria da educação nas salas de aula. Ampla literatura nacional e internacional mostram que isto não funciona! (Briscoe, 1991; Carvalho & Gil-Pérez,1995). Estas "redes", geralmente, se rompem por esgotamento ou falta de repasse regular de recursos ou com a instalação de um novo governo de outro partido político. Podemos citar em São Paulo o fim do "Projeto Escola Padrão", após a instalação do novo governo estadual em 1995, e a extinção do "Projeto de Reconstrução Curricular", no Rio Grande do Sul, de grande participação dos professores, quando da instalação do novo governo estadual em 1991. Naquela ocasião, no Rio Grande do Sul, criou-se um outro projeto de "treinamento" de professores, o Projeto Melhoria, imposto de cima para baixo pela então secretária de educação. Agora, 1995-7, em nível nacional, fala-se na "reciclagem" de grande número de professores através dos recursos da "mídia eletrônica", instalando antenas parabólicas nas escolas que possibilitem a recepção de um canal de TV educativa para "treinar" os professores e, assim, segundo seus idealizadores, atingir uma qualidade educativa melhor, principalmente, na educação básica. Com certeza, os "treinamentos" seguirão uma nova "trilha mágica" que são os "Parâmetros Curriculares Nacionais", anunciados pelo MEC[2], como um dos eixos da transformação da educação no País. A elaboração desses parâmetros curriculares tem sido feita por pequeno número de pessoas e o debate, em torno deles, tem sido escasso ou nulo, a não ser para legitimar o processo. O outro eixo anunciado como base para a mudança da qualidade educativa é o da valorização do magistério. Segundo o ministro Paulo Renato Souza e a secretárica Iara Prado, **"a valorização do magistério há de ser a base para toda a mudança do sistema escolar no Brasil".** Na prática, as medidas tomadas, com relação à valorização do magistério, não satisfazem, conforme manifestações das entidades sindicais dos professores - a pequena melhoria salarial anunciada e que iria beneficiar professores em diversos

[2] Conforme artigo de Paulo Renato Souza, ministro de Educação e Desporto e Iara Prado, secretária do Ensino Fundamental do Ministério da Educação e Desporto, na Folha de São Paulo, 20/11/95.

estados brasileiros segundo seus idealizadores, piso médio de R$ 300,00 por 20 horas semanais de contrato, não foi implantada até o 1º semestre de 1997, embora anunciado em outubro de 1995 - e nem com relação aos parâmetros curriculares que estão sendo produzidos sem a participação dos professores. Ou seja, os profissionais da educação estão fora do processo, em caminho inverso do que recomendam os estudos e pesquisas pedagógicos e, assim, nada vai mudar significativamente! Entre a comunidade científica, preocupada com a mudança real da sala de aula para uma qualidade educativa melhor, já se formou a convicção de que os esforços e recursos devem ser dirigidos ao tema *magistério* e, mais especificamente, ao *professor* e sua formação.

> **"(...)as administrações se deram conta da importância que tem a figura do professor como mediador do processo em qualquer reforma do ensino e a própria pesquisa está mostrando as diferenças encontradas entre os objetivos traçados pelos planejadores do currículo e o que os professores fazem, realmente, na prática**" (Furió Mas, 1994 :188, também com base em Cronin Jones[3], 1991).

Temos de nos perguntar em qual direção os governantes desejam que as reformas aconteçam. A participação de um professor qualificado, crítico, com autonomia intelectual e política, pode não servir para o processo em curso nas reformas educativas em muitos países, consistentes com a política neoliberal. Diferente de outras políticas, esta apresenta uma nova faceta, a de assumir

> **"não só a perspectiva internacionalista, como também a defesa explícita e frontal do capital contra o trabalho"** e **"elege como meio privilegiado para alcançar o [lucro] a estabilidade econômica. Aceita a desigualdade social como norma, tratando o desemprego em massa e os baixos salários como contingências necessárias"** (Cardoso, 1994).

Em nome da estabilidade econômica não acontece, por exemplo, a melhoria salarial e das condições de trabalho dos professores! Por outro lado, a exclusão dos professores do processo das reformas faz parte da retórica neoliberal em educação, segundo Gentili (1996), em não ouvir os considerados culpados, na visão dos gestores do projeto neoliberal, pela 'ineficiência' e 'baixa qualidade educativa' praticada nas escolas públicas. Penso que a participação intensa dos professores na elaboração de propostas para as reformas educativas, teria o potencial de indicar direções diversas

[3] CRONIN-JONES, L.L., Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two cases studies, *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), pp.235-250. 1991

daquelas do projeto neoliberal e, desta forma, criar pressões sociais e políticas que não interessam aos gestores do processo em curso. Os discursos oficiais sobre a baixa qualidade educativa, tratando-a como um todo homogêneo, servem aos propósitos de justificar as intervenções e os controles no meio educacional, principalmente através das avaliações e a implantação dos parâmetros curriculares nacionais, uma alimentando a outra. Oculta-se, na verdade, a gradativa redução dos recursos aplicados em educação, implantando-se simplificações na forma de fazer a "reciclagem" de professores e na forma de fazer chegar às escolas as políticas educacionais traçadas com base em recomendações de 'especialistas' comprometidos com o processo. Dispensa-se, assim, todas as pesquisas educacionais por educadores, cientistas, professores que não concordam com o projeto neoliberal em implementação porque excludente e discriminatório, conforme conclui Gentili ao apontar os elementos que permitem reconhecer o discurso neoliberal em educação:

> **"O aumento da pobreza e da exclusão conduzem à conformidade de sociedades estruturalmente divididas nas quais, *necessariamente*, o acesso às instituições educacionais de qualidade e a permanência nas mesmas tende a transformar-se em um privilégio do qual gozam apenas as minorias. A discriminação educacional articula-se desta forma com os profundos mecanismos de discriminação de classe, de raça e de gênero historicamente existentes em nossas sociedades" (Gentili, 1996 :39).**

O mesmo processo excludente e discriminatório do processo educacional já vem sendo implantado no Brasil desde o velho projeto oligárquico brasileiro, conforme Miriam Limoeiro Cardoso em palestra proferida por ocasião da realização da 17ª ANPED, Caxambu, 1994, passando pelos projetos populista de Vargas, desenvolvimentista de JK, projeto modernizador da ditadura militar. Agora **"o neoliberalismo reorganiza ideologicamente o desenvolvimento capitalista, permitindo-lhe 'dizer a verdade', ou seja, expressando no próprio discurso o que a prática capitalista fazia sempre, mas sempre omitia e camuflava no plano da ideologia".**

Mesmo com a prática explícita, por parte dos responsáveis pela implantação das reformas educacionais a partir da atual política educacional traçada, de não ouvir os professores, de implantar controles sobre os sistemas educacionais, de desenhar parâmetros curriculares universais para todas as escolas e de desenvolver estratégias centralizadas de formação de professores, a história mostra que não se conseguirá a homogeneidade, pelo contrário, a resistência sempre existiu por parte de educadores,

instituições e, mesmo, administradores educacionais. É possível desenvolver projetos alternativos que mantenham o *'otimismo da vontade'*, no dizer de Pablo Gentili.

> **"Nosso otimismo da vontade deve manter-nos ativos na luta contra um sistema de exclusão social que quebra as bases de sustentação democrática do direito à educação como pré-requisito básico para a conquista da cidadania, uma cidadania plena que só pode ser concretizada numa sociedade radicalmente igualitária"**
> (Gentili, 1996 :42).

I.2 -*Formação de Professores de Ciências: longos caminhos.*

Nós pensamos a formação de professores em processo permanente que se inicia desde a formação escolar elementar quando o indivíduo está em contato com o seu primeiro professor ou professora, formando, na vivência, as primeiras idéias ou o conceito do "ser professor". Como aluno de qualquer grau de ensino, bem como estudante dos cursos profissionais específicos de formação de professores (magistério, licenciaturas, mestrados...) e na formação continuada em serviço é que se constrói a idéia da ação docente. Esta idéia é geralmente muito simples e pobre, distante do que as pesquisas educacionais vêm mostrando.

> **"Este fato pode ser interpretado como o resultado da pouca familiaridade dos professores com as contribuições da pesquisa e inovação didática e, mais ainda, pode ser interpretado com expressão de uma imagem espontânea do ensino, concebido como algo essencialmente simples, para o qual basta um bom conhecimento da matéria, algo de prática e alguns complementos psicopedagógicos"** (Gil-Pérez & Carvalho, 1995 :14).

É, portanto, de uma construção diária e coletiva da profissão de professor que vai depender a formação de uma idéia de educação de melhor qualidade para nosso País, muito mais que a partir das políticas públicas ou dos discursos oficiais e de especialistas. Nóvoa (1991b) nos mostra, pelo **"estudo sócio-histórico da gênese e desenvolvimento da profissão docente"** que os professores criam a sua profissão e conseguem responder aos desafios interpostos pela sociedade mais ampla. E há, hoje, novos desafios colocados aos educadores profissionais, por um meio social dinâmico e em profundas transformações, e que exigem a voz dos professores; mas há, também,

condicionantes radicais que, praticamente, impedem os professores, principalmente os da Escola Pública, a participarem na definição de quaisquer projetos de melhoria. Franchi (1995 :81) adverte que são condicionantes radicais da crise atual do ensino público: *a questão salarial dos professores, a restauração da escola como espaço curricular de formação dos professores e a reestruturação dos currículos institucionais da formação inicial dos professores.*

Só pensando a formação dos professores, nas suas diversas instâncias – no âmbito da Universidade, nos espaços e tempos escolares, no convívio social cotidiano – como algo importante e problemático, é que estaremos cercando o problema em sua verdadeira dimensão. Por um lado pensamos nas crenças sobre o "ser professor" que se formam na relação professor/aluno/futuro professor e, por outro, pensamos na constante atualização do professor, capaz de criar/recriar a herança cultural, junto às gerações mais jovens. Para isso, ele precisa ter uma inserção profunda em seu meio social e cultural e, desta forma, sentir os anseios populares e convertê-los em material de reflexão com base nas construções das ciências e outras conquistas culturais. Isto permitiria que a escola contribuísse como *locus* de transformação e recriação, social e cultural.

A dimensão usual de formação dos professores, demasiadamente restrita e não problematizada, restringe-a em fases estanques nos cursos de magistério, pedagogia, licenciaturas, mestrados e formação continuada. Assim considerada, indicam-se culpados pela má qualidade dos professores em qualquer uma das fases, com as corporações procurando defender as suas ações como acertadas, sem ver, no entanto, resultados aceitáveis lá onde a qualidade educativa deve chegar: a sala de aula. Parte-se, então, para as simplificações, geralmente, através de atividades de suplementação e sem tentar o trânsito entre as fases de formação que poderia indicar melhores caminhos.

A atuação em fases estanques é, sem dúvida, uma das responsáveis pela crise das licenciaturas no âmbito das próprias universidades. Forma-se, sempre mais, a convicção, entre os professores universitários responsáveis pela formação específica de professor e os pesquisadores educacionais, de que somos incapazes de formar bons professores de ciências (McDermott, 1990). Enquanto os professores universitários ligados aos departamentos e institutos das chamadas ciências exatas mantêm, geralmente, a convicção de que basta uma boa formação científica básica para preparar bons professores para o ensino médio, os professores da formação

pedagógica percebem a falta de uma visão clara e mais consistente dos conteúdos específicos, por parte dos licenciandos, de tal maneira que lhes permitisse uma reelaboração pedagógica dos mesmos, tornando-os disponíveis e adequados à aprendizagem dos jovens e adolescentes. O ensino de disciplinas de psicologia, sociologia, metodologias, didática, legislação e prática de ensino, não se "encaixam" sobre aquela "base" de ciências básicas construída na outra instância acadêmica da universidade. É esta separação que impede que se pense os cursos de formação de professores como um "todo", e tem levado a propostas de cursos especiais de ciências para professores logo após estes terem concluído os seus cursos de graduação (McDermott, 1990). Ou seja, o professor se forma na graduação já com a expectativa de fazer "cursinhos práticos", depois de formado, que lhe ensinem a "ensinar" determinado conteúdo. Isto é tacitamente aceito nas licenciaturas e, às vezes, até incentivado por alguns professores, como temos ouvido a partir de relatos de licenciandos. Ou, então, espera-se que a formação pedagógica dê conta dessa formação prática do professor, como se fosse possível separar toda uma carga de trabalho pedagógico, a que o estudante foi submetido, tacitamente, em disciplinas de formação geral e de conteúdo específico dentro dos cursos das licenciaturas, geralmente, acoplados aos cursos de bacharelado, ao menos, nas grandes universidades.

Esta prática em fases estanques na formação dos indivíduos em geral e dos professores em especial, tem gerado situações, no mínimo, embaraçosas. Um curso de formação de professores de matemática, pensado com seriedade por um grupo de docentes preocupados em melhorar o ensino de matemática, em universidade pública do Rio Grande do Sul, praticamente, se inviabilizou porque um dos professores contratados pelo departamento de matemática, simplesmente reprovou todos os alunos em uma das disciplinas do curso[4]. Esse professor havia feito mestrado em matemática, em outra grande universidade, sem ter podido refletir sobre a função de ser educador, de vir a ser mestre em uma instituição que forma professores. Uma tal prática favorece a formação de uma concepção 'ambiental', dentro do 'senso comum' da profissão docente e da tarefa de ensinar e educar. Sem a mediação do conhecimento pedagógico já produzido nas pesquisas educacionais, tais mestrados não permitem uma abertura maior para as questões pedagógicas que acompanham os

[4] Relato oral de um Coordenador do Curso de Licenciatura de Matemática, III Encontro Estadual de Licenciatura em Ciências e Matemática, Agosto de 1995, SUMECIM,Porto Alegre RS.

conteúdos de matemática ao ser esta disciplina ensinada em um curso específico de formação de professores, ou em outro curso profissional que necessite de matemática. Naturalmente, os responsáveis pelo curso de mestrado, que se propuseram a formar **mestres**, pensaram só um lado da questão de seu curso: formar o pesquisador em matemática, esquecendo que estavam formando um mestre, um possível educador de professores, um docente universitário.

Não muito diferente é a situação dos professores de química com os quais trabalhei durante estes três últimos anos, todos formados em universidades públicas do estado de São Paulo, e que, muitas vezes, durante as reuniões de reflexão, negaram a validade de sua formação na graduação, exatamente, naquilo que os cursos de licenciatura de química mais prezam: **o de dar uma boa base em conteúdos**! A fala da professora Sara se refere a um conteúdo de química que envolve a idéia de equilíbrio químico e que a professora não reconheceu no contexto em que uma pergunta de aluna fora feita:

> *"...uma aluna me fez uma pergunta (...) Gente, eu não sei (responder)! Não sei mesmo! (...) Eu sou muito franca, o que sei explicar eu explico e o que eu não sei... Não sou de falar é isto e acabou... Nunca em 10 anos que explico isto, esta questão apareceu (...). Aí eu falei, realmente não sei, preciso voltar prá Faculdade..."*

Em outro momento, a mesma professora manifesta esse temor em não saber responder às perguntas que os alunos fazem e, principalmente, em deixar que eles manifestem suas percepções, suas dúvidas, suas concepções sobre a matéria que ela estava propondo. O grupo estava discutindo sobre aspectos metodológicos em sala de aula, da necessidade de abandonar o modelo tradicional de ensino, pelo qual se deseja passar conteúdos aos alunos, considerando-os meros receptores passivos e vazios de idéias. Falava-se da necessidade de se saber as idéias dos alunos sobre determinado conceito e deixar que eles falassem e explicitassem os seus pensamentos sobre alguma situação sobre a qual queremos ensinar coisas. Refletia-se sobre a dificuldade de fazer isso em sala de aula, sobre as limitações que se iria encontrar... Nesse momento houve, novamente, a manifestação da professora nos seguintes termos:

> *"Eu acho que a gente vai ter que aprender tudo de novo, de como dar aula... Eu vou ter que parar, pensar antes de ir dar aula como vou chegar a isso, e prá isso preciso, sei lá, de uma base, de uma ajuda (...). Então, você vai ter que pensar, eu vou ver o livro, ver os pontos principais... Mas e daí como é que eu vou*

passar esses pontos para os alunos? Pelo menos eu estou acostumada a dar aulas desse tipo [tradicional] que você falou (...). Porque eles [os alunos] estão, também, acostumados com esse tipo de aula... Eu acho que isto é uma coisa que vai envolver bastante trabalho e bastante tempo e precisa de orientação... Porque eu tenho bastante medo de, por exemplo, perguntar e eles lançarem perguntas para mim que eu não saiba responder".

Hoje há, praticamente, consenso de que os cursos de formação de professores não conseguem responder às necessidades de formação para atuar, com competência, no 1º e 2º graus. Isto se refere ao Brasil, onde cursos de licenciaturas são pouco eficientes em proporcionar uma visão mais ampla da atividade docente (Schnetzler & Aragão, 1995), e também a outros países, como Estados Unidos (McDermott, 1990), Estados Iberoamericanos (Bermúdez, Carrascosa et al., 1994) abrangendo toda a área científica. As críticas são feitas, inclusive, pelos alunos desses cursos quando começam a freqüentar disciplinas de formação pedagógica ou nos encontros que fazem, como os ENEQs[5] e outros, em nível de estado, como os encontros regionais de estudantes de química do estado de São Paulo. Os estudantes criticam, com razão, desde a falta de didática da maioria dos professores da graduação, passando pela dicotomia das aulas práticas e teóricas, até a falta de transparência dos conteúdos de química para o ensino secundário e elementar. Podemos afirmar que há um despreparo pedagógico dos professores universitários e isto afeta a formação em química de maneira geral, não só os licenciandos. Os professores universitários se comprometem pouco, muito aquém do necessário, com essa questão da formação de professores e com a sua auto-formação pedagógica, deixando para um outro grupo, geralmente externo ao curso de química, a formação didático-pedagógica de seus alunos que desejam se licenciar e exercer o magistério. Embora o curso seja de formação de professores não há compromisso nem social e nem pessoal com essa questão, principalmente, nos cursos de química da maioria das grandes universidades brasileiras.

Os professores das faculdades de educação ou centros pedagógicos, encarregados pelas universidades para fazerem a formação pedagógica, também se queixam do despreparo e falta de motivação que os licenciandos manifestam nas disciplinas pedagógicas. O despreparo vem da visão pedagógica restrita que os

[5] ENEQ - Encontro Nacional de Estudantes de Química, que acontece anualmente desde a década passada.

estudantes manifestam sobre os conteúdos de química, fruto da interação com seus professores de graduação e do secundário, pois,

> **"(...) admitem, consciente ou inconscientemente, que o processo de ensino de Ciências [química] se concentre na transmissão e na cobrança de conteúdos científicos prontos, acabados, inquestionáveis, em que não há lugar para problemas de ensino, mas só de aprendizagem, já que aos alunos é sempre atribuída a responsabilidade pela ineficiência daquele processo"** (Schnetzler,1994 :64).

A desmotivação pode vir do pouco valor que se dá à formação profissional dos professores nesses cursos, onde a preocupação maior, se não exclusiva, está em se formar o pesquisador químico, responsável pelo avanço e produção do conhecimento químico, ou o técnico que vai atuar na produção industrial química e, **" normalmente, nenhuma tentativa especial é feita em levar em conta as necessidades destes futuros professores"** (McDermott, 1990 :736). Os professores da área pedagógica estão fora do contexto do curso, em outra fase estanque, muitas vezes também afastados da realidade escolar e, com isso, de pouco valerá o esforço em querer fazer um professor de química que possa romper o ciclo vicioso de um mau ensino de química que se pratica em nosso País. Há esforços, embora isolados e em pequeno número de docentes, que visam a melhorar os cursos de graduação em química. Algumas disciplinas novas são criadas dentro dos cursos de química como história da química, epistemologia da ciência, história da ciência, instrumentação para o ensino de química, metodologia do ensino de química ou similares... como aparece em relatos nas reuniões da SBQ[6], divisão de ensino de química. Já há, inclusive, implementação de cursos específicos de licenciatura de química, com uma proposta concebida, especificamente, para formar melhores professores, desvinculada da preocupação de se formar pesquisadores ou técnicos químicos, como na Universidade de Brasília[7]. Tais experiências precisam ser acompanhadas e melhor estudadas pois podem estar criando caminhos paralelos que justifiquem que a atividade de ensino, usualmente considerada como importante e essencial pela universidade na preparação de recursos humanos para a sociedade, deixe de ser preocupação dos professores nos departamentos específicos – química orgânica, físico-química, química analítica, química inorgânica. Afastados dos cursos de formação de professores, onde ainda há

[6] SBQ - Sociedade Brasileira de Química
[7] Relato no Encontro Nacional de Ensino de Química, Belo Horizonte, Julho de 1994.

alguma preocupação com o ensino, os professores poderão se eximir sempre mais de sua própria formação pedagógica. Além disso, poderá se criar uma segregação na formação de profissionais de uma mesma área, bacharéis e licenciados, com a tendência de a licenciatura se tornar de importância menor na universidade. A prática mostra, ainda, que muitos bacharéis de química acabam se tornando professores de química, por força do mercado de trabalho, sem terem tido a mínima formação pedagógica para isso. Pessoalmente, penso que a preocupação pedagógica deva ser central em todas as atividades dos professores em uma universidade.

Estas tentativas de melhorar os cursos de formação de professores de química esbarram na própria concepção curricular que embasa, praticamente, todos os cursos universitários de formação de profissionais. Os profissionais formados nesses cursos já não conseguem mais responder às expectativas da sociedade atual e, com isso, instalou-se, nos últimos anos, uma crescente crise de confiança no conhecimento profissional específico em todos os campos de atuação. As contestações à atuação profissional, os escândalos, os erros, a ineficiência, os males causados à sociedade por ações equivocadas de profissionais, a exploração econômica das pessoas às custas de um conhecimento profissional específico, tudo isso vem se avolumando nos últimos anos. O conhecimento profissional especializado, que foi proposto como solução para todos os males na sociedade nos anos de após Segunda Guerra, é hoje apontado como vilão de muitos males maiores do que se propunha a sanar. O profissional da química é um dos mais visados, sem dúvida.

Donald Schön é um estudioso dessa questão (1983, 1987, 1992) e vamos recorrer às suas reflexões e publicações para tentarmos entender os nossos cursos de formação de profissionais químicos e de professores de química.

I.2.1 - **O caminho de uma só dimensão: como andar na prática?**

Segundo Schön, a crescente demanda por profissionais nos anos 50/60, alimentava uma crença, fundada na razão iluminista e continuada no positivismo, de que o conhecimento profissional pudesse promover o progresso social e achar soluções para todos os problemas no meio social. Mas, nas duas últimas décadas, os profissionais parecem ter perdido o rumo de suas atividades, e o conhecimento parece se adequar cada vez menos às situações práticas e reais demandadas pela sociedade. Ao tentarem resolver uma situação problemática, os profissionais das mais diversas

áreas, muitas vezes, acabaram criando problemas ainda maiores, para um contingente maior de população do que procuraram atender, e que foram incapazes de vislumbrar. Por exemplo, a degradação do meio ambiente pela construção de uma estrada, a erosão e contaminação do solo e das águas na prática agrícola "moderna", degradação da saúde pública pela industrialização e criação de empregos industriais, a morte dos rios pela produção química e a concentração das pessoas no meio urbano, etc. As soluções propostas sempre o foram em nome do progresso tecnológico e social, baseadas em práticas científicas e tecnológicas.

Schön (1983 :14) situa a inadequação do conhecimento profissional, para atender às demandas sociais, na própria característica das situações práticas. Segundo Schön, as situações práticas são instáveis, contemplam a complexidade, contêm alto grau de incertezas e permitem conflito de valores e a formação dos profissionais, geralmente, não as contempla, ao contrário, ela é realizada em cima de resolução de problemas abstraídos de todo o entorno real, constituindo-se na resolução de problemas-padrão sobre os quais cabem soluções padrões. **"85% dos problemas que um médico vê em seu ofício não estão nos livros" (Schön. 1983 :16)**

O núcleo central da crise de confiança no conhecimento profissional, bem como a incapacidade que os profissionais manifestam ao lidar com as situações práticas, está na separação, segundo Schön, entre pensamento/ação, teoria/prática, mundo acadêmico/mundo do dia-a-dia. As raízes dessas dicotomias devem ser buscadas em uma visão particular de ciência e de profissão, não na ciência em geral ou nas profissões em geral. Essa visão particular se constitui, conforme argumenta Schön, a partir da racionalidade técnica que, por sua vez, deriva do positivismo do século XIX. Segundo essa visão, o conhecimento instrumental e prático torna-se conhecimento profissional, baseado nos resultados da pesquisa científica que, por sua vez, cabe às universidades e institutos de pesquisa específicos realizar. Não é em qualquer curso ou instituto que o conhecimento científico, sistemático, básico, deve ser realizado. Isto cabe às escolas ditas "superiores", escolas que formam profissionais especiais e de *status* superior[8], como engenheiros, médicos, advogados, administradores e outros. Escolas "inferiores" são vistas como aplicadoras desses conhecimentos à prática cotidiana, cabendo aos profissionais formados nessas escolas e investidos de um *status* inferior, como o são os educadores, assistentes sociais, planejadores urbanos, e outros, sempre dentro da racionalidade técnica, devolver

[8] Schön usa a classificação para as profissões proposta por Glazer (1974).

problemas práticos àqueles profissionais a quem cabe produzir novo conhecimento científico em *locus* específico e, portanto, fora da realidade do mundo vivido das pessoas.

É uma crença bastante generalizada esta de os profissionais "generalistas" fornecerem problemas aos profissionais da pesquisa, dentro dos institutos, para que estes produzam novos conhecimentos que, então, serão usados e disseminados pelos profissionais em sua prática. É uma concepção epistemológica da prática dominante entre nós e, muitas vezes, somos traídos até quando defendemos a necessária integração, por parte dos professores universitários, do ensino, pesquisa e extensão. Isto aconteceu, por exemplo, com Cunha & Fernandes (1994):

> **"Na graduação o profissional generalista precisa desenvolver a sensibilidade de fazer a leitura da realidade, levantando problemas concretos de pesquisa que, certamente, serão campo de estudo dos investigadores. Precisa, ainda, saber buscar a ciência produzida e ser agente de sua disseminação. Já o pesquisador, o pós-graduado, precisa estar próximo de quem labute cotidianamente a prática profissional, para fazer desta realidade sua inspiração de trabalho. A relação entre os dois níveis é que pode dar sentido ao ciclo de conhecimento. A compreensão destas premissas nos faz reconhecer que todo o aluno, todo o sujeito cognoscente, é um investigador por natureza, independente do nível de ensino que estiver cumprindo"** (Cunha & Fernandes, 1994 :195).

Embora haja uma clara defesa da integração das três atividades fins da universidade, propondo a superação epistemológica positivista da ação dos professores, permanecem outras dicotomias que também devem ser superadas. A idéia de os profissionais levantarem problemas para os pesquisadores, locados nas universidades e institutos de pesquisa, produzirem conhecimento e soluções sobre eles, é manter a mesma racionalidade técnica que fundamenta toda a nossa ação universitária e embasa os nossos currículos profissionais. Se o profissional fornece problema aos pesquisadores e busca aplicar conhecimento produzido na universidade, ele continuará a propagar as mesmas dicotomias que se pretende combater e que estão na raiz, segundo Schön, da crise de confiança nos profissionais. Estou de acordo com a defesa das articulistas na preocupação em superar as dicotomias entre a pesquisa e a prática, mas isto deve ser estendido, também, à relação dos profissionais externos à universidade com os professores/pesquisadores da universidade.

Os currículos de formação profissional, com base na racionalidade técnica derivada do positivismo, tendem, exatamente, a separar o mundo acadêmico do mundo da prática e, assim, manter o monopólio da pesquisa. Segundo Schön (1983,1992) esses currículos procuram proporcionar um conhecimento básico sólido no início do curso, com subseqüentes disciplinas de ciências aplicadas desse conhecimento para, finalmente, chegarem à prática profissional, com os diferentes tipos de estágios. Como vimos, os problemas abordados em tais currículos estão abstraídos das circunstâncias concretas e da vivência, constituindo-se em problemas ideais e que não se aplicam às situações práticas. Isto faz com que os profissionais percam a confiança na pesquisa acadêmica, pois ela não se aplica e não se encaixa nas situações reais. Schön diz que os profissionais têm a sensação de terem sido seduzidos pela academia e depois abandonados por ela (1992 :120). Sentem-se, mesmo, enganados conforme se pode perceber na fala de Sara:

> *"Na universidade a gente aprendeu só aqueles negócios com fórmulas prontas... Gente, eu nunca aprendi isto... Porque na faculdade a gente faz tantas experiências e depois não sabe nem por que está fazendo isto... Por que não se faz um negócio desses? [estudos e reflexões sobre as questões ligadas ao ensino da química].[Isto permitiria](...) a gente aprender e quando ensinasse [permitiria a gente] passar isto para eles..."*

Isto vale também quando os profissionais químicos, formados no mesmo curso, atuam em outros campos, como na indústria:

> *"Quando comecei a trabalhar na indústria, logo que saí da Universidade..., eu já estava lá fazia um ano, fazendo a parte de tratamento da água, análise da água... Comecei a trabalhar com química... Aprendi muito com o engenheiro químico porque ele perguntava: por que que você acha isso?... Gente, eu não sabia nada! Coisas simples... Por exemplo, um (uma solução) limpa vidro... ele é tão alcalino quanto um detergente lava-louça. Só que o detergente lava-louça é preparado com soda cáustica e o de vidro com hidróxido de amônio... Por que não usa a soda cáustica que é muito mais barato?... Porque ele deixa resíduo se usássemos o detergente com a soda cáustica, os resíduos apareceriam..." (Sara)*

Schön vê os profissionais diante do dilema de abandonar o conhecimento 'recebido' na academia ou de tentar aplicá-lo sem ter o domínio sobre ele. É o que chama de **dilema do abandono ou alienação** (Schön, 1992 :120). Há, por um lado, a

sensação dos profissionais de não saberem as coisas, de não terem um conhecimento útil para resolverem os problemas concretos, principalmente os problemas sociais, o que gera a perda de confiança deles no conhecimento "recebido" da academia e acabam abandonando-o. Por outro lado, ao tentarem usar conhecimento "passado" na academia ele parece fluído e lhes escorre pelas mãos, criando a sensação de incompetência e de incapacidade para resolverem as situações práticas, principalmente, diante de outros profissionais mais experientes, como é o caso do engenheiro químico ao qual se referiu a professora. O conhecimento parece que não lhes pertence!

Na educação este dilema é mais saliente, conforme Schön, pois os professores tendem a aceitar a reivindicação da pesquisa universitária como monopólio para a geração do conhecimento prático nas próprias escolas, através de organização curricular dentro da mesma epistemologia praticada, de forma tácita, na faculdade. A "submissão" é facilitada porque o exercício do magistério, na escola básica e média, é visto pelos próprios professores como sendo a extensão, para graus inferiores, das práticas profissionais das escolas de educação superiores. Assim, os professores tendem a aceitar o que lhes foi ensinado, tendem a aplicar aquilo e se frustram porque isto não funciona na prática. O depoimento da ex-professora Cida, já aposentada, mas tendo atuado muitos anos na escola, ilustra bem essa situação:[9]

> *"... eu não sei, já faz tanto tempo que fiz o curso... Eu achava que eu era burra, não aprendia nada...., aí joguei tudo fora aqui (na escola), porque dei aula completamente diferente. Eu senti muita dificuldade no meu curso de química, tanta dificuldade..., achei que dar aula de química para eles tinha que ser de outro jeito, não podia ser do jeito que tive na universidade..."(Cida)*

Esta perda de confiança no conhecimento profissional recebido da universidade, no curso universitário, não significa que os professores tenham negado a concepção de conhecimento sobre a qual este lhes foi apresentado. Essa quase rebeldia que se pode "ler" do depoimento da professora aposentada refere-se mais à metodologia, ao jeito de dar aula e à forma abstrata com que lhe foi apresentado o conhecimento químico. Ela considera o entusiasmo de ser professora e a relação do

[9] Cida foi colega das professoras do grupo e trabalhou na escola até 1992 e participou como convidada para aquela reunião.

conteúdo que trabalhava com o cotidiano como sendo os responsáveis pelos avanços de sua prática:

> *"... eu sei que a gente não consegue fazer com que 100% dos alunos gostem (de química)..., mas se dois gostarem você já pode ficar muito feliz e este entusiasmo, esta motivação que eles vão ter, sei pela experiência, vem muito da maneira como o professor faz isto... Ele não precisa fazer experiências mirabolantes, espetaculares... Pode ser uma coisa simples mas com muito empenho."(Cida)*

A formação ambiental dos professores é muito forte e eles tendem a reproduzi-la, de forma tácita, em suas atividades profissionais, como veremos no próximo item. Diferente da formação de outros profissionais, temos quase uma continuidade de uma mesma atividade profissional e isto impede uma crítica mais radical e, assim, o abandono de muitas crenças e práticas construídas no meio acadêmico.

I.2.2 - **A bagagem pesa muito: pensar é preciso!**

Na essência os professores de ensino médio tendem a manter, tacitamente, as mesmas concepções da ciência química que lhes foi "passada" na universidade, ou seja, conforme a racionalidade técnica derivada do positivismo. Isto ficou muito claro em nosso grupo de professores de química... Constantemente os professores manifestavam as suas crenças nas mesmas bases epistemológicas sobre as quais "edificaram" a sua representação de conhecimento profissional. Esse conhecimento se refere a múltiplos focos sobre os quais os professores centram as suas atenções: Aluno, professor, ensino, aprendizagem, escola, sala de aula, ciência química, programa de ensino, relação professor/aluno, etc...Tudo isso poderia ser traduzido como **concepção (tácita) de currículo** que os professores adotam. Tácito porque o **"professor não sabe/conhece o enfoque de currículo que utiliza no seu trabalho pedagógico: ele não teve acesso a essa informação".** (Geraldi, 1993 :260[10]). Há, nessas situações, uma tendência em reproduzir os processos com os quais o professor esteve envolvido, ou na universidade ou na escolarização anterior. Pérez (1988)

[10] Segundo 'representações e impressões' de alunos-pesquisadores do curso de Pedagogia sobre *currículo em ação*, analisadas por Corinta Geraldi.

"**admite como fato indiscutível que os professores não aplicam os métodos que lhes foram *'predicados'* mas os métodos que lhes foram aplicados**" (Pérez, 1988 :204), e que isto deve ser levado em conta quando nos propomos a formar professores, tendo em vista a melhoria da qualidade educativa. Ou seja, temos de ser capazes de agir com qualidade educativa junto aos professores em formação e não, apenas, falar sobre ela.

Pope & Scott (1988) pesquisaram a relação entre as concepções epistemológicas dos professores e as suas práticas docentes, partindo da hipótese de que estas são definidas pelas primeiras. Constataram a concepção notadamente positivista e empírico-indutivista de ciência nos professores. Desta posição surge, coerentemente, uma visão absoluta de verdade e de conhecimento e, como tal, a organização de suas atividades de ensino. Concepção semelhante encontrou Oliveira (1990) em professores de física e química do ensino médio no Rio de Janeiro.

As observações realizadas, por Pope & Scott, na disciplina de psicologia, revelaram que os professores universitários descuidam-se, completamente, das questões epistemológicas que embasam as teorias psicológicas que abordam em suas aulas. Isto vai se refletir nos novos professores formados que tenderão a perpetuar essa visão fragmentada do conhecimento humano. Borges (1991), também pesquisou alunos de semestres finais dos cursos de licenciaturas plenas na área de ciências no Rio Grande do Sul, e constatou que a formação deles foi calcada no empirismo e no indutivismo. O resultado da pesquisa mostrou, coerentemente, que esses alunos, em geral, viam a ciência como a "verdade estabelecida" que, simplesmente, deve ser aceita como tal. Schnetzler, professora ligada ao departamento de metodologia da Faculdade de Educação, UNICAMP, e responsável pelas disciplinas de didática para o ensino de química e práticas de ensino de química I e II para os licenciandos em química do Instituto de Química da UNICAMP, ao perguntar aos alunos sobre *"o que é ser um bom professor de química no nível de 2^{0} grau?"* obteve, usualmente, as seguintes respostas:

> "... **limitam-se à sugestão de motivar os alunos, principalmente por meio de muitas experiências de laboratório, a dominar o conteúdo químico e *saber transmiti-lo bem*, relacionando-o, de preferência, com sua atividade diária, além de lembrar que o bom professor precisa, também, ser amigo de seus alunos. Na realidade, o que os licenciandos buscam, ao chegar à Didática para o**

ensino de Química, é aprender como podem *transmitir bem* os conteúdos."(Schnetzler, 1994 :72)

É a ciência vista como detentora das verdades descobertas pelos cientistas e que são elas que precisam ser transmitidas aos alunos de forma a serem mais digestas. Fazer as práticas, usualmente como experiências demonstrativas (Schnetzler, 1981), significa, dentro da visão empirista/indutivista, comprovar o acerto das teorias ou pretender chegar a elas através de generalizações a partir de regularidades observadas. Há, ainda, nesta postura e nessa expectativa dos estudantes da licenciatura de química, uma clara rejeição ao o que denominam "ensino teórico" ao qual foram submetidos em toda a sua formação anterior (Schnetzler,1994 e Porlan, 1988). Estes autores perceberam muito bem que o que eles rejeitam em nome do "teoricismo" ou "ensino teórico" é, na verdade, o modelo de transmissão/recepção ou o "verbalismo" nas aulas de ciências ou de química, mas mantêm a mesma idéia de conteúdos de química que devem ser transmitidos bem e assimilados pelos alunos. Os conteúdos são os mesmos, a seqüência é a mesma que tiveram, tanto no ensino médio quanto na universidade. Pensa-se nas aulas práticas como motivação para aceitar melhor esses conteúdos e na relação com a vida diária para torná-los mais interessantes e, assim, guardá-los melhor na memória.

A mesma idéia de simplicidade do que seja um programa inicial de ensino de química também aparece junto às professoras em serviço com os quais atuamos. Já na segunda reunião, as professoras sentiram-se à vontade para falar sobre o programa que estavam desenvolvendo, manifestando algumas idéias-chave que permitiram as primeiras reflexões em grupo e as primeiras mediações/negociações para uma possível mudança da prática em andamento. Julgo importante transcrever, com mais detalhe, essas reflexões.

Otavio: Como o tema central da reunião de hoje é modelo[11]*, vamos ver como isto se encaixa no programa de vocês.... Especialmente a 1ª parte onde fala sobre a experimentação no ensino de ciências, história e ensino de química, cotidiano e ensino de química... Esta é a base da proposta escrita por vocês. Estas 3 coisas a gente pode mais ou menos pensar da seguinte forma:*

Vocês precisam proporcionar o contato com fenômenos, precisam ter fenômenos químicos. O nosso trabalho é com os fenômenos químicos.... Aqui vocês colocaram

[11] Na reunião anterior aparecera a necessidade de discutir este assunto. A tarefa dada para o grupo fora a de ler o Capítulo 5 do livro "A Educação no Ensino de Química", de Attico Inácio Chassot, Ed. UNIJUÍ, 1990.

transformações químicas, apresentação de regras de segurança, reconhecimento de material de laboratório de química, fatores que evidenciam uma transformação química, como cor, formação de precipitado, liberação de gases... Então, vocês poderiam falar um pouquinho sobre este item 1 do programa... É, sem dúvida, o contato com o fenômeno, a transformação que é a química por excelência.... Como é que isto funcionou?...

Várias: a experimentação não foi feita...

Ângela: A idéia é que fosse feita primeiro a experimentação, os alunos deveriam primeiro experimentar.... Mas teve a mudança, a Cenira foi embora, eu assumi o laboratório agora, então a gente está dando uma segurada do conteúdo em sala de aula, conteúdo teórico, inclusive de transformação... eles já viram que não é difícil, fenômeno químico associado com conceito de reação e daí se passou para equação química e explicamos balanceamentos... Isto no 1° ano, 1° bimestre...

Otavio: Podia falar um pouquinho mais como fizeram, quais fenômenos foram desenvolvidos....

Ângela: Em sala comecei a falar em fenômeno físico, das transformações físicas, mudanças de estado físico... Quando a Isa assumiu a classe em que eu dava aula... E nas classes em que eu dou aula agora, foi a Cenirara que introduziu, mas ela começou a falar em combustão, queima da madeira, incêndio de florestas... Eu assumi agora e então não sei como é que ela colocou... Mas, pelo que conversei, foi por aí... Incêndio de florestas, queima de madeira, combustão...

Otavio: Fenômeno físico..., como é que fizeram para distinguir isto?

Ângela: A gente colocou assim: você parte de uma substância e não chega a uma nova substância... Você só muda a forma como a substância existe. Fenômeno químico, eu parto de uma substância e vou rearranjar de alguma forma para chegar a outra substância nova...

Otavio: Este rearranjar seria o que? Como é que vocês colocam?

Ângela: o que eu falo para eles... não falo em ligação, falo muito em quebra, em determinados pedaços se gruda, se une de uma forma para formar novos compostos, outras substâncias..., compostos não, só substâncias....

Isa: Esta parte daí, a sala que eu peguei, já havia sido dada... Eu peguei balanceamento de equações...

Otavio: Como é que vocês fazem este balanceamento?

Isa: Por tentativa...

Otavio: Sim, mas seriam quais equações?

Ângela: As equações... se começa com a combustão... Porque a gente começa explicando um dos itens, não sei se consta no programa aí, é combustão. A gente inverteu! A gente vai dar combustão, antes dos fatores que evidenciam: cor, formação de ppt, liberação de gases... A gente começou pela combustão. Porque combustão é uma coisa óbvia para eles. Taca fogo em um pedaço de papel, queima... Queima com oxigênio do ar... Precisa ter oxigênio para poder inflamar... E

isto é uma forma de calor... Já tinham visto o que era matéria, energia, as formas de energia...

Otavio: E vocês chegam a investigar se esta é realmente uma transformação química? (deixam de existir substâncias, aparecem novas...)

*Ângela: Isto... **a idéia seria incluir um experimento de combustão, em laboratório, fazer a queima de alguma substância**, não sei se nesse ano a gente ainda vai incluir... A gente vai ainda incluir estas outras transformações: mudança de cor, formação de ppt, desprendimento de gases...*

Otavio: Aí vocês pegam combustíveis, por exemplo álcool comum...

Sara: Mas, nós não vamos fazer a Observação Científica da queima da vela?

Ângela: Então, já pode falar de combustão... eles vão ver que a vela apaga sob o copo...

Otavio: Como é que é? A queima da vela seria uma das atividades?

*Sara: É, nós vamos fazer uma observação científica, para treinar eles a observar as coisas... Então, **neste experimento, a gente vai mandar eles acender a vela e descrever tudo o que eles estão vendo, depois vamos mandar eles pôr o copo em cima, descrever o que está acontecendo, por que aconteceu isto, e se eles chegam a alguma conclusão...***

Ângela: Dá para incluir a combustão...

Sara: Têm um monte de perguntas prá desenvolver neles a observação científica...

Otavio: Isto também não foi feito agora?

Sara: Não... Não foi feito... Já estou tirando xerox para na semana que vem... Será que vai dar?

Ângela: Eu já ontem ia levar uma turma (a turma da Graça) ao laboratório... Mas ia ver para levarmos os segundos anos...

Várias: semana que vem é a observação científica...

Sara: Já estou em termoquímica, tem que fazer experiência... tem que fazer...

Joa: Fica difícil, né...

Otavio: Tem uma professora que cuida do Laboratório?

Várias: é ...

Otavio: Ah, é a Ângela...

*Ângela: Mas é difícil... porque a teoria está andando muito mais rápido... **A idéia é 1° o laboratório e depois a teoria...***

Otavio: E isto não está bem sintonizado?

Várias: Não... este ano não...

Ângela: Não sei se mais para o meio do ano....

Sara: Eu acho que passando esta primeira fase que tem a observação (científica) e o uso da balança...

Ângela: a balança, a Graça disse que era prá tirar e só dar quando der para encaixar... Porque, senão, como no 1° ano, transformação... a gente já está falando em transformação. A gente já tinha que ter feito. Porque a Cenira me deixou assim

na turma: quando é que existem transformações?... na mudança de cor... Como é que calculo isto? ... Mas eu quero que eles venham aqui para o laboratório verificar para poderem concluir alguma coisa. Porque senão fica naquela, você não sabe, se vai ou não vai, como é que é?...

Andréa: O problema todo foi que o laboratório não estava pronto...

O motivo inicial da reunião fora o programa de química elaborado pelo grupo já no ano anterior. A base deste programa é a proposta curricular para o ensino de química 2º Grau, da CENP (Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, Secretaria de Estado da Educação, SP), 1988, 2ª Ed. Segundo essa proposta,

> **"o ensino de química deverá visar à aprendizagem dos conceitos, princípios, teorias e leis desta ciência; à compreensão da natureza e processo de produção desse conhecimento, bem como à análise crítica da sua aplicação na sociedade, numa trajetória que envolva transmissão/assimilação/reavaliação crítica do conhecimento."**
> (CENP, 1988 : 9-10).

Ainda, segundo a mesma proposta, os princípios orientadores para o ensino de química deveriam contemplar a experimentação como um dos momentos da reelaboração do conhecimento, a historicidade e a análise crítica da aplicação do conhecimento químico na sociedade.

Os conteúdos programáticos propostos, nessa mesma proposta curricular, permitem uma leitura ampla e aberta dos mesmos para que, assim, os professores pudessem tratá-los dentro de suas realidades.

O programa proposto contempla os mesmos itens daquele sugerido pela CENP, mas a leitura, como podemos ver pela fala e pela prática dos professores, é muito diversa. Há um descompasso entre o que propõe a proposta curricular, o programa escrito dos professores da escola e o programa, efetivamente, realizado. Eu situo esse descompasso, em primeira aproximação, na formação escolar anterior desses professores e na formação específica nos cursos de química que mantêm as mesmas dicotomias manifestadas pelos professores. Essas dicotomias são geradas dentro do modelo da racionalidade técnica e dentro dele não são vistos como problemáticas. A experimentação, por exemplo, pode ser feita em qualquer momento, antes da abordagem teórica, depois dela ou durante sua execução, muito diferente das orientações curriculares que vêem a **experimentação como um dos momentos de reelaboração do conhecimento**. A parte experimental pode, mesmo, ser realizada no 2º ano, conforme consta no programa da escola. Além disso, a perspectiva histórica

ou a historicidade do conhecimento científico desaparece, completamente, no programa proposto. Disto os professores são, igualmente, vítimas de sua formação anterior, ou seja, nunca lhes foi questionada a imagem popular de ciência, derivada do senso comum, a qual, muitas vezes, foi ainda reforçada pela escola:

> **"Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente."** (Chalmers, 1993 : 23).

Esta definição de *conhecimento científico* e de *ciência* parece ser hegemônica, também, entre muitos professores universitários e estudantes das áreas das chamadas ciências exatas e tecnológicas, o que pode ser constatado sempre que se procura suscitar o debate com eles e entre eles[12]. Para muitos docentes e estudantes de química esta seria uma definição de ciência que vai ao encontro de suas crenças. Chalmers chama esta posição de *indutivista ingênua,* uma tentativa de formalização da imagem não refletida de ciência. Uma vez formalizada, tende a ser tacitamente reforçada nos cursos de formação de professores dessas áreas; e não havendo preocupação maior em questionar as posições filosóficas e históricas nos cursos da área científica, com raras exceções, esta visão se perpetua em círculo vicioso. No ensino, faz-se crer aos alunos que à observação segue a aprendizagem dos conceitos. O professor, com esta postura empirista-indutivista, como conseqüência lógica, crê no ensino e na aprendizagem por redescoberta e espera que o aluno relate as suas observações segundo as teorias já existentes e se frustra quando isto não acontece (é o caso da Sara). O sentido de fazer a *observação científica da vela*, proposta no programa, é, exatamente, esse reforço da visão indutivista, baseada na concepção empirista de fazer o conhecimento científico.

> *"É, nós vamos fazer a observação científica para treinar eles a observar as coisas.... Então, neste experimento, a gente vai mandar eles acender a vela e descrever tudo o que eles estão vendo, depois vamos mandar eles pôr o copo em*

[12] Pude notar isso, por exemplo, em trabalhos com estudantes e professores de Química em Encontros de Debates (EDEQs) e Encontros Nacionais de Ensino de Química (ENEQs) e recentes encontros com docentes de Engenharia Civil e Ciência do Solo.

cima, descrever o que está acontecendo, por que aconteceu isto e se eles chegam a alguma conclusão..." (Sara)

Para a maior parte dos professores da área científica, chegando a 2/3 dos professores portugueses desta área, (Praia & Cachapuz,1993) a ciência começa com a observação e, por isso, há sinceridade em propor essa atividade da vela e há resistência em tirá-la dos programas de ensino. São crenças sempre reforçadas na experiência diária, nos cursos de formação, na divulgação científica, e na *mídia*. Os professores também são produto da sociedade e do meio, e se não forem confrontados com estas questões da produção científica, nos seus cursos de formação específica, tenderão a repetir e a reforçar as mesmas crenças e dogmas sobre a ciência. E esta é a forma mais sutil de deixar tudo como está, aceitando que a ciência e a sua aplicação tecnológica é fruto, apenas, de abnegados cientistas que "descobrem" verdades provadas que já estão "escritas" na natureza. Esta forma de ver o conhecimento científico reforça os privilégios de quem se beneficia dessa construção humana, que se chama ciência, e deixa as camadas populares, pacificamente, na expectativa do milagre da descoberta da solução para todas as suas carências.

Praia & Cachapuz (1993) vêem uma clara relação entre as concepções dos professores sobre ciência e suas práticas educativas em sala de aula.

> **"Vai hoje havendo evidências claras de que as concepções dos professores acerca da natureza da ciência, do conhecimento científico e do que é o método influenciam a forma de abordar determinado conteúdo e, portanto, a imagem da ciência dada ao aluno"** (Praia & Cachapuz, 1993 :1).

Percebe-se, ainda, que o programa sugerido na proposta curricular, e aceito pelos professores da escola, não se dava na prática. As unidades e o seu desdobramento em itens coincidem, mas a produção das aulas dava-se sobre um livro texto que os professores consultavam.

"Tem um livro, pela editora Lê, me empresta... Este livro aqui, no capítulo I... (todos querem ver)..., o autor é Antônio de Paula. Não sei se é melhor ou pior... Mas ele começa falando sobre o que é química, como é que pode relacionar... Depois fala de matéria, propriedades, definição, densidade, propriedades específicas, estados físicos..." (Ângela)

Há, portanto, um programa de ensino escrito, potencialmente interessante, mas que os professores não conseguem desenvolver, e há um *currículo em ação*, na expressão de Geraldi (1993). Eu atribuo isto ao fato de os professores não terem,

normalmente, oportunidade de discutir e fazer a produção de aulas de química, em sua formação inicial. Ao contrário, as próprias aulas na universidade são desenvolvidas sobre um texto adotado, a partir do qual os docentes, geralmente, dão explicações no quadro e resolvem alguns exercícios. A produção da aula não faz parte da cultura dos professores e, por isso, exige grande esforço, diria, esforço demasiado, para ser encarado por professores isoladamente. O resultado é que esta prática pedagógica acaba sendo repetida pelos professores em um "círculo vicioso" *ad infinitum*. Não havendo texto adequado para o programa aceito, navega-se sobre um livro didático qualquer buscando itens que coincidam com o conteúdo do programa. A experimentação, os modelos de explicação... passam a ser itens de conteúdo e não meios para se construir o conhecimento químico escolar e formar o pensamento dentro dessa área do conhecimento humano.

A mesma coisa é constatada quando os professores, em outro momento da mesma reunião, discutem a introdução dos modelos atômicos em seu programa de ensino. Dentro das orientações da CENP, o modelo atômico é introduzido para abordar aspectos microscópicos do conhecimento e daí ser

> **"muito interessante encaminharmos, a partir do estudo das leis, as discussões no sentido de gerar a necessidade de criação de um modelo para explicar os fenômenos observados. Podemos então introduzir o modelo atômico de Dalton, sendo esta uma boa ocasião para discutirmos e concluirmos com o aluno que o modelo é uma representação possível de alguma coisa e que é criado na tentativa de explicar fatos observados"** (CENP, 1988 :23).

Attico Inácio Chassot ressalta a necessidade de usar **modelos** para podermos compreender as construções humanas no mundo da química. Essa necessidade decorre do fato de termos de fazer **"descrições de situações com as quais dificilmente interagimos, e das quais conhecemos apenas os efeitos"**, onde os modelos constituem "**simplificações de situações muito diversificadas, para as quais haveria necessidade de milhares de descrições diferentes"** (Chassot,1993 :103). Assim, o uso necessário de modelos na construção/reconstrução do conhecimento químico deve ser visto para muito além de um item dos programas de química, sob o nome de *modelos atômicos,* como se fosse um conteúdo independente a ser aprendido pelos estudantes. Os próprios livros didáticos tradicionais mais utilizados em nossas escolas pelos professores de química dão esta idéia restrita de

modelos em química. Na verdade, constituem-se os **modelos** em possibilidades de explicação e de entendimento do próprio fato químico:

> **"... na química se faz modelos de Átomos, e com estes, se faz modelos de moléculas. E para estes se propõe diferentes modelos de ligações. Com as moléculas, se fazem reações, para as quais se fazem diferentes propostas de mecanismos, de como se rompem ligações existentes, e de como se formam novas ligações (originando outras substâncias)"**(Chassot, 1993 :105).

No entanto, as professoras têm uma compreensão diferente de **modelos** em química e que vamos analisar após a transcrição de um trecho de reunião em que justificam a introdução do assunto em seu programa de ensino...

Otavio: Mas há antes a natureza corpuscular...
Ângela: Isto! modelo de Dalton... Já inclui em átomo... Entendeu?... Como é que a gente vai falar em Dalton de novo? ...Eles têm a idéia de átomo como sistema solar... Tem o núcleo, com carga..., mas não sabem de onde veio o modelo.
Isa: A gente fala prá eles...
Ângela: Quando forem estudar a parte de eletricidade... é, aí vai ter outros modelos... Não é tudo de uma vez...
Sara: Quando eu dava aula no primeiro colegial, eu dava um histórico... Falava de Dalton como uma pessoa que propôs alguma coisa em termos microscópicos... Ele pensava que os átomos eram bolinhas... Depois fazia desenho para a experiência de Rutherford, da plaquinha de ouro... Aí dava a idéia de carga, porque desviava..., seriam estas cargas positivas e negativas, desvia a partícula alfa e já dava o átomo nucleado em uma aula só, tudo junto... Porque se você vai explicar que o átomo é como sistema solar, que tem um núcleo e que tem...
Ângela: Como é que vamos falar em modelo de átomo de Dalton... Isto também está ultrapassado....
Otavio: Quando se dá o modelo de Dalton professora, você o dá por que?
Sara: Só para dar uma introdução ao modelo de Rutherford! Prá mostrar como foi o desenvolvimento do pensamento...
Otavio:... Isto! 1º se pensava que era assim... Agora, por que se pensava assim? Este é o cerne da questão...
Sara: Porque as experimentações que se faziam naquela época não conseguiam observar certas coisas que se começou a pensar e ao observar depois... Por exemplo, a eletrização da matéria... embora se a fizesse não havia, ainda, preocupação de explicá-la em termos de microestruturas... A conservação da massa sim.... Apareceram outros fenômenos também, como a radioatividade... quer dizer, os fenômenos existiam, mas não eram observados... Para Dalton não havia explicações para isto... Eu explico para eles sobre novas partículas que foram

descobertas... e que, talvez, quando os filhos deles crescerem a professora deles vai explicar um átomo bem diferente do que eles estão aprendendo...
Otavio: Está bom... Dá para ter uma idéia...
Ângela: Tem uma questão... eles já vêm com a idéia da 8ª série..., que o átomo é formado de um núcleo, tem eletrosfera... Aí chegam e dizem: mas isso de novo? Não vou aprender nada de novo...
Isa: Inclusive eles falaram que já aprenderam a distribuição eletrônica.... "Não professora, como a gente já está sabendo..., então vamos aprender outras coisas..." Já estão pressionando para dar uma corrida...

Os professores, em geral, têm uma representação de programa que é muito diferente do que se deseja com um programa de ensino que vise a mediar o aprender em química. Há um compromisso social da escola, como instituição social gerada na esfera política, com o aprender, e isto não se realiza sem uma mediação adequada. Mario Osorio Marques analisa a ***forma escolar de aprendizagem*** como uma exigência de **concidadania responsável** para todos os atores sociais, tendo em vista a complexidade sempre crescente da organização social. Assume ela **"forma explícita, proposital, sistemática"** (Marques, 1995 :87) na interação dos atores escolares, coletivamente organizados.

> **"Surge, assim, a escola como lugar, tempo e recursos destinados às aprendizagens em interação dialogal dos nelas interessados com o Outro socialmente qualificado, para compartilhar do entendimento, da organização e da condução dos processos formais do aprender mediado pelo ensinar"**
> (Marques, 1995 :87)

Nos preocupa, exatamente, **o Outro socialmente qualificado** que, na organização de um programa de ensino, é o professor. Até onde há essa qualificação? Em qual nível deve situar-se essa qualificação? O Estado, a sociedade civil e a família, através de seus atores, propiciam, realmente a qualificação exigida? **"Quanto mais complexa, isto é, plural e diferençada, se apresente a sociedade, mais se exigem as aprendizagens sob a forma escolar, distinta das modalidades próprias de outros contextos sociais e âmbitos lingüísticos."**(Marques,1995 :87).

A percepção dos professores sobre o significado do uso de modelos em química parece distante do exigido para que o conhecimento tenha chances de acontecer. Os modelos atômicos não são vistos como possibilidade de explicação de algum fenômeno observado, ou possibilidade de descrição de alguma situação

problemática no âmbito da química. Nesse sentido, o conhecimento químico veiculado na escola não estará proporcionando aprendizagem, em grau mínimo requerido para que os alunos possam exercer, responsavelmente, a concidadania no meio social e físico de complexidade crescente devido às produções humanas. Há mais a preocupação em introduzir um modelo para poder falar de um outro que vem cronologicamente depois, sob o ponto de vista da história da química. Isto fica claro quando tentam justificar a introdução do modelo de Dalton:

> *"Só para dar uma introdução ao modelo de Rutherford! Para mostrar como foi o desenvolvimento do pensamento...(na evolução do conhecimento químico)" (Sara).*

A preocupação com o desenvolvimento do pensamento é importante, sem dúvida. Falta perceber por que o pensamento se desenvolveu daquela forma; quais foram as situações que exigiram novos modelos de explicação; como elas apareceram etc. Elucidar isto tem grande valor pedagógico porque permite formar uma idéia diferente de ciência junto aos alunos, diferente das representações de ciência como conhecimentos verdadeiros, dogmáticos, definitivos e acabados, produzidos de forma linear, tão presentes nas concepções dos professores e alunos em todo o mundo, conforme revelam as pesquisas (Ruggieri el al., 1993; Praia & Cachapuz, 1993). Também permite formar uma outra imagem sobre a atividade do cientista. Contrariamente às concepções correntes, ele atua em situações complexas e de incertezas, e faz tentativas de explicação que poderão não valer em outros contextos. As explicações de Dalton continuam válidas para vários contextos sobre os quais trabalhou e sobre os quais é possível produzir conhecimento escolar, como a conservação da massa nas reações químicas e as proporções em massa com que os elementos participam de um composto. Pela fala dos professores percebe-se a ênfase nos erros e equívocos desses modelos, instalando-se uma ânsia em se chegar ao modelo atômico aceito hoje. Mudando-se a ênfase para as situações que os diferentes modelos conseguiam explicar, poder-se-ia facilitar a formação do pensamento químico na interação com o aluno, e não apenas ver como foi o desenvolvimento do pensamento químico na estruturação desta matéria. Esta ansiedade de apresentar logo os modelos atuais, fazendo crer que sejam verdadeiros, não acontece apenas com o nosso grupo de professores, sujeitos da presente pesquisa, mas está presente, de forma geral, nos professores de química. É por isso que há, por exemplo, a preocupação em

ensinar a configuração eletrônica, até mesmo introduzindo o modelo orbital de átomo, já na oitava série, sem haver motivos para que se invoque tal modelo.

Vemos que são as crenças dos professores em uma ciência positiva, "descoberta" linearmente por pessoas especiais - os cientistas - as responsáveis pelo desenvolvimento do programa de química. Elas não permitem ver, criticamente, o programa de ensino e, com isso, procura-se passar ou transmitir uma lógica de conteúdos onde os alunos não encontram nexos e, portanto, não aprendem, achando a matéria de química muito chata, como eles sempre dizem. Há uma tentativa de transferência de uma seqüência de conteúdos, baseada na lógica do conhecimento químico estruturado, de quem já sabe química, e não na lógica de quem precisa aprender a química. Assim fica difícil fazer do ensino a mediação da aprendizagem!

Ao estudar práticas eficientes de ensino, Fraser & Tobin (1989) viram que elas envolvem crenças dos professores sobre ensino e aprendizagem e profundos conhecimentos pedagógicos e de conteúdos específicos. Ou seja, as crenças precisam ser refletidas e fundamentadas com base no conhecimento das ciências da pedagogia e os conteúdos, sobre os quais o professor deve se movimentar para torná-los disponíveis pedagogicamente, precisam ser sólidos. Os estudos de Fraser & Tobin mostraram que sem uma base essencial de conteúdos específicos, os professores foram incapazes de focalizar o pensamento dos alunos, bem como, de diagnosticar falsos entendimentos de conceitos por parte destes. No caso do ensino de química, a compreensão do uso de modelos nas explicações das situações químicas é chave, porque permite tanto o correto entendimento do que seja a química, quanto o acesso aos conteúdos de química mais importantes para os alunos em seu meio social. Em síntese, permite a formação do pensamento em química.

I.3 - *Novos caminhos, outras alternativas: epistemologias da prática.*

I.3.1 - **O ensino como mediação do aprender**

Entre os professores, há sempre o desejo de práticas eficientes em sua atividade de ensino. É esta construção profissional que viesse a concretizar uma eficiente mediação do ensino para o aprender, que o nosso grupo estava buscando. Para tal, o objeto sobre o qual, nos debruçaríamos juntos inicialmente, seria o **Programa de Ensino de Química**. Programa entendido em sentido amplo, e que

pudesse tornar-se mediador da aprendizagem dos alunos. Para isso, as necessidades manifestadas pelos professores definiriam situações de reflexão sobre as suas práticas de forma muito mais significativa do que em cursos formais, teóricos ou práticos, sobre algum tópico de conteúdo. Desta forma, aspectos pedagógicos, epistemológicos, históricos e sociológicos, sobre o conhecimento específico a ser ensinado, poderiam ser inseridos nas atividades e reflexões do grupo, sempre a partir de situações concretas do grupo ou de situações de sala de aula. A interação, a mediação e a negociação seriam os meios para atingirmos novos níveis de compreensão sobre a prática de sala de aula ao ensinarmos química.

Geralmente, os professores manifestam as suas idéias sobre a matéria, o ensino, a aprendizagem, o aluno, a metodologia de trabalho, etc, de uma forma muito simples, próprias do 'senso comum', e distantes do que propõem os conhecimentos pedagógicos hoje aceitos pela comunidade científica. Segundo Carvalho & Gil Pérez (1995) e Porlán (1988) este *"pensamento docente de senso comum"* é fruto de toda uma formação "ambiental", desde as experiências como alunos nos graus iniciais de escolarização até a formação universitária do professor. Também fazem parte desse pensamento docente as idéias "apreendidas" nos cursos de formação continuada e que são expressas, muitas vezes, nos grupos de professores que começam a estudar conjuntamente. Carvalho e Gil-Pérez (1995) afirmam que tais idéias, por sua vez, podem se aproximar bastante das elaborações feitas pelas pesquisas educacionais desde que haja "equipes de professores" atuando na perspectiva de um trabalho de *"(auto)formação"*.**"Nesse caso, a produção dos grupos recolhe, em geral, um grande número dos conhecimentos que a pesquisa aponta como necessários, afastando-se assim de visões simplistas do ensino de Ciências"** (Carvalho & Gil-Pérez, 1995 :15).

Pensamos que estes resultados são possíveis desde que não se espere que aconteçam espontaneamente. Com certeza deve ser proposta uma direção nessas reflexões coletivas, que, geralmente, é mediada e negociada por um educador/professor ou pesquisador educacional com uma perspectiva de inovação pedagógica. Não acreditamos em 'espontaneismos', mesmo que a ação seja coletivamente conduzida. A criação/recriação cultural da humanidade é sempre mediada, e se dá na interação entre as pessoas com o crescente domínio dos meios ou instrumentos já existentes que são os conceitos teóricos dos diferentes campos do saber, construídos historicamente e referenciados às circunstâncias sociais e culturais

de uma época, o que impossibilita que se produzam as mesmas coisas em épocas e circunstâncias diferentes. Se não fosse assim, aceitaríamos que uma classe de alunos, adolescentes ou adultos, com todas as capacidades mentais suficientemente desenvolvidas, pudesse "redescobrir", sozinha, os conhecimentos já desenhados em qualquer área do saber humano. Sabemos que isto é impossível porque um grupo isolado de pessoas cria e recria os conhecimentos conforme a sua tradição cultural, e a validação e aprovação que recebe dentro do próprio grupo. Os professores, organizados coletivamente e já tendo tido contato de uma forma ou outra com teorias e conhecimentos produzidos pela pesquisa educacional, fazem referência a isso e, pela reflexão coletivamente mediada, podem se aproximar dos resultados já aceitos pela comunidade científica. Isto ficou muito claro em uma das reuniões de reflexão do grupo em que as professoras tentaram expressar seus pensamentos sobre ensino e aprendizagem.

Sara: Eu vejo o professor responsável pelo ensino e o aluno responsável pela aprendizagem.... Só que o aluno nem sempre tem consciência disto e fica esperando que o professor ensine e o faça aprender... Então, eu acho, que ele também teria que ter uma responsabilidade prá tentar aprender....

Roseli: Se eu entendi bem... O processo de aprendizagem é coisa do aluno...

Ida: Teria que ter a responsabilidade dele e é lógico que o professor teria que dar as diretrizes para ele.... Teria que ter o interesse da parte dele...

Roseli: Duas perguntas: 1. Vocês acham que nós, como professores, podemos garantir a aprendizagem do aluno? Ida, está balançando a cabeça por que?

Ida: O processo de aprendizagem é quase pessoal... Tem que estar querendo aprender...

Sara: Eu posso estar aqui, falando de um jeito que o aluno nunca vai entender a minha linguagem... Então eu tenho que usar uma técnica para facilitar a aprendizagem... Mas é ele que vai ter que chegar lá...

Cenira: Eu acho que nós podemos fazer com que o aluno queira aprender...

Roseli: Concordo! Concordo.... Aliás, eu acho que a nossa função, nosso dever, é facilitar que a aprendizagem ocorra no aluno... agora, garantir não pode! Isto é um processo próprio do aluno, é coisa dele. O que nós temos de fazer é criar condições para que essa aprendizagem ocorra...

Agora a segunda pergunta: 2. Vocês têm dito aos alunos, vocês têm explicado a eles que a aprendizagem é de responsabilidade deles e que vocês têm a função de criar as melhores condições em sala aula para que eles aprendam?

Ida: Eu faço. Não sei se é bem isso... O que eu falo, coloco, já é do meu conhecimento, que eles têm que se esforçar, que aprendem assim, que vai depender deles... Não só eu ficar falando....

Cenira: Eu acho que não adianta falar palavras... Eu tenho que estimular no aluno a vontade de aprender de modo que queira aprender naturalmente, sem ter que ficar alguém falando: olha, você tem que querer aprender... Porque ele não vai fazer isto...
Cenira: Nunca ninguém chegou prá mim e ficou me danando: você tem que querer aprender, você tem que querer aprender! a coisa foi despertando em mim...
Sara: De certo porque era muito briosa! A nossa geração era muito briosa... A geração de hoje não, ela é mais apática...
Cenira: Então temos de fazer com que seja briosa. Fazer com que queiram aprender...
Roseli: Deixa eu só situar... Retomar o que a Ida falou.... Você diz que domina o conhecimento e que vai tentar passar isto a eles... Que eles devem querer aprender! Você situa o ensino como um processo de transmissão? Que transmite conhecimento?
Ida: De certa forma transmite, ou altera ou tenta alterar o conhecimento que eles têm, de uma forma um pouquinho mais científica...
Roseli: Você assume que eles já têm conhecimento?
Ida: Têm conhecimento de tudo, de alguma forma eles já conhecem matéria, substância... Se eu perguntar: Substâncias, eles têm resposta, talvez não seja a resposta que eu queira, que eu acho que seja a correta... Mas eles têm conhecimentos! Pelo menos eu faço algumas, às vezes, perguntas iniciais, eles respondem, alguns corretamente, mas eles conhecem...
Maria: Por que você faz estas perguntas?
Ida: Para saber de onde eu tenho de partir
Roseli: É! Esta resposta é a mais bonita que um professor pode dar! Para saber de onde tem de partir!

O trecho transcrito acima refere-se à primeira reunião com as professoras, uma reunião de "sondagem" de suas concepções sobre o processo de ensino-aprendizgem de química. Analisando as falas, manifestações primeiras das professoras sobre *ensino, aprendizagem, aluno e professor*, temos muitos elementos que seriam defendidos pela pesquisa educacional: ***o professor é responsável pelo ensino; o conhecimento do professor é a forma científica; o professor deve saber o que o aluno já sabe e partir disto para produzir novos conhecimentos; o professor é o facilitador da aprendizagem e motivador do processo; o aluno é responsável pela sua aprendizagem; o aluno deve estar disponível para aprender e deve fazer esforço pessoal; o aluno traz conhecimentos para a sala de aula e deles o professor deve partir.***

À primeira vista parece que estamos diante de um grupo de professoras com todas as bases e crenças do que seria desejável para a mudança do ensino tradicional

para um ensino inovador, criativo, construtivista... Com certeza não é a visão *simplista* de ensino de química que estas professoras manifestaram de início. No entanto, ela pode ser também a manifestação de uma formação "ambiental", constituída nos cursos de formação para o magistério, dentro das faculdades de educação, onde estas idéias transitam naturalmente.

Havia a necessidade de introduzir outros elementos na reflexão, mais próprios da vivência do dia a dia das professoras em suas salas de aula. Isto porque o quadro, acima esboçado, poderia refletir, simplesmente, certas "falas feitas", copiadas de discursos nas faculdades de educação ou do meio educacional. Talvez, no cotidiano da escola, das aulas, o quadro fosse muito diferente! E, se assim fosse, a construção de um quadro melhor também teria que ser mediada por alguém. Isto porque havia elementos que apontavam para um outro contexto de ação e de prática que aquele manifestado nas falas iniciais das professoras.

Roseli: Deixa eu pegar uma coisa que vocês levantaram...Como está sendo a aula de vocês? Vocês entram na sala de aula e... Gostaria que cada uma descrevesse...

Isa: A primeira coisa - tirando a chamada - Aí chamo pelo nome prá conhecer..., depois é pelo número... Depois começo pelo final da aula passada! Eu começo assim: eu passo, começo passando na lousa, vamos supor, passo 4 linhas, eles copiam junto comigo, eu explico aquilo... Eles concordaram comigo. Eles falam assim: tem professor que enquanto escreve na lousa já está explicando enquanto copiam.... Daí eles não estão entendendo nada e por isso não tem interesse pela matéria... Daí gostaram deste método...

Sara: No ano passado trabalhei mais em grupos.... Desgastante porque eles falam mais. Então, esse ano, comecei, pelo menos no início, aula praticamente toda falando a matéria e, em seguida, eu coloco a matéria, do que foi falado, resumidamente na lousa....

Roseli: Não tem trabalhado com grupos?

Sara: Não tenho, acho que a matéria não teve uma fluência tão boa quanto eu gostasse... Então estou tentando desta forma!

Roseli: Quando vocês vão para a resolução de exercícios, vocês colocam na lousa, os alunos vão resolvendo e depois vocês resolvem no quadro... É isso?

Sara: Eu faço assim...

Isa: Eu passo um primeiro exemplo...Eles começam a dar opinião....Resolvemos, etc...

(...)

Cenira: Chego, faço a chamada. Nunca pelo número. Acho que número... é numerado apenas os prisioneiros! Certo! - Faço a chamada só por nome...

Roseli: Quantos minutos?

Cenira: É um absurdo, acho que uns 10 minutos! Fico olhando prá eles. Eles ficam em silêncio... Digo obrigado e continuo! É uma perda de tempo exagerada... Ao meu ver, a gente devia passar lista de chamada para eles assinarem... Aí eu levanto e começo: lembram da aula passada, a gente viu... faço um resumo da aula passada. Agora continuando ponho o título, título na lousa, começo explicando, explico um pouco, escrevo.... Agora, no primeiro dia de aula deixo claro: eu não vou esperar que eles copiem não! Porque, eu acho, vocês me desculpem se eu estiver [errada] ... você que é entendida no assunto, eu digo prá eles: olhem, até o 4º ano a professora escrevia na lousa, enchia a lousa, esperava copiar, explicava... Agora vocês já aprenderam um pouco, tem que treinar, começar a treinar o raciocínio de vocês e, ao mesmo tempo, prestar atenção e ao mesmo tempo escrever! Porque quando vocês estiverem lá na Faculdade ninguém vai encher a lousa e esperar vocês escreverem... Eu estou pensando o que vai acontecer com vocês quando vocês saírem daqui! Portanto, eu vou escrever, vou explicar e vocês vão escrever no caderno de vocês! È assim que eu faço. Vou explicando de modo a conduzir o raciocínio prá alguma coisa. Aí, de repente, eu vejo que cabe alguma pergunta. Eu lanço a pergunta! Espero que alguém responda! Quando alguém responde eu digo: parabéns, você tem um ponto!

Roseli: Quanto tempo mais ou menos você dá para alguém te responder?

Cenira: Nunca medi no relógio. Mas creio que não deve passar de 2-3 segundos.... Quando vejo que a resposta não sai imediata eu começo a dar dicas para eles responderem. E... o que mais eu faço... Exercícios.. (...) Durante o exercício eles falam e eu vou ajudando. Resolvo o primeiro com eles... Agora façam a lista! Se não der tempo em aula, continua em casa. Pode ser que resolva sortear um aluno para resolver na lousa (risos). Eu sou meio chantagista, gente! Reconheço isto mas consigo tirar resultado! Passo a lista e eles já começam a resolver. Se tiver alguém sem resolver, vou lá e vejo por que...

Ângela: Chego, cumprimento os alunos, faço a chamada (pelo nome), vejo quem é quem! Retorno a parte de conteúdo da aula passada, no menor tempo possível, só para relembrar. Aí continuo com a exposição, sendo que eu não tenho o hábito de passar tudo no quadro. Eu coloco alguns tópicos e quando acho necessário que precisam de uma definição de alguma coisa a mais, que eu acho que é importante, eu dito, falo com voz muito mais alta. Quando eu dito eu não fico lá na frente... Eu ando muito na sala. Circulo muito. Quando falo (assim) eles escrevem. Sendo que quando eu observo erros de Português e tal, eu corrijo, no caderno do aluno. Se tenho que dar um exemplo [exercício] de alguma coisa, eu peço que prestem atenção no que eu vou falar. Passo no quadro, peço atenção dos alunos. Depois que venho com o exemplo passo aos exercícios.... Sendo que um ou dois eu costumo fazer junto, os outros, se tem 4 ou 5 e que dê para fazer numa aula, eu costumo colocar uma série de 5 numa aula.... Eu peguei balanceamento... Coloquei um que resolvi com eles e mais uns 3 que deixei resolvendo, peço opinião dos alunos (muito), daquele aluno que não pára de falar o tempo todo...

Atuo nas 3 séries... mais no terceiro ano... Eu não costumo dar trabalho para casa, não têm condições, eles não fazem.... O que mais?...

Graça: (...) É mais ou menos como faz a Ângela, algumas coisas como a Cenira... Chamada eu faço pelo nome, cumprimento a classe, retomo o conteúdo da aula anterior. Passo na lousa o resumo e o que tem mais escrita passo no mimeógrafo e distribuo... Explico, eles copiam e quando explico não gosto que escrevam... Se não, eu acho, que não participam. Se lanço uma pergunta, fica todo mundo sem saber se escreve, se vai raciocinar sobre o que estou questionando. Procuro assim, mais que eu posso, falar de coisas da vida deles... (...) eu procuro sempre dar exemplos do cotidiano deles, a partir do que trabalho na teoria. Nos exercícios: eu faço resumo... se tem uma parte mais longa(...) dou mimeografado.... Daí comento tudo aquilo. Peço que leiam em casa. Se na aula seguinte houver dúvidas.... Exercício eu dou na sala de aula, mando fazer em grupo, eles têm que aprender a trabalhar em grupos,...- é desgastante prá gente, você fica andando o tempo inteiro, e você vai trabalhando, incentivando...Vai trabalhar com seu companheiro, vira a estante...

Roseli: É por proximidade geográfica?

Graça: É...

Roseli: Essa proximidade é estipulada por eles, ou seja, os que se dão bem...

Graça : É sempre assim! A experiência que eu tenho de todos os tempos e isso é interessante... Você percebe que os parecidos se atraem.... Que os bagunceiros... todas aquelas características... Eles se reúnem, discutem em grupo, geralmente procuro passar a lista de exercício já mimeografada, o que não foi feito em classe eles fazem em casa e eu passo visto na aula seguinte. E eles começam a fazer na lousa, eles fazem... Um aluno de cada grupo... Primeiro eu peço voluntários... Alguns vêm. Depois começo a chamar, devagarinho , com muita psicologia, os que nunca se apresentam....

Roseli: E eles reivindicam nota?

Graça: Sim! Eu dou nota de participação...

Cenira: Infelizmente eu nunca consegui fazer isto... Eu gostaria de fazê-lo, mas as experiências que tenho tido de mandar aluno prá lousa....

Graça: Eu fico circulando, o aluno está na lousa, eu fico circulando prá controlar, peço ao aluno que está na lousa para tentar explicar, às vezes fazem direitinho..., mas na hora de explicar.... Em resumo é isto... Têm alguns temas que peço prá trazer artigos de jornais, a gente discute... Quando percebo que dá para trabalhar, uns 20 min antes de acabar a aula, com exercício, procuro jogar teoria e exercício prá não ficar muito cansativo, principalmente quando a aula é dupla...

(...)

Sara: Eu chego na classe, cumprimento a turma - nunca fico sentada - não sento, só fico em pé... Faço chamada, falo um pouco sobre o que foi dado na última aula, prá relembrar.... Coloco a matéria na lousa, espero eles copiarem. Depois dou a explicação. Quando são dados exemplos, o primeiro exemplo eu explico, como faz... Quando o exemplo permite perguntar eu chamo o aluno, sempre aquele que por

acaso esteja conversando, prá saber a opinião dele e, assim, conseguir uma atenção maior... Depois dou a lista de exercícios, dou um tempo prá eles fazerem... Neste tempo pode vir perguntar prá mim, sentar um do lado do outro... Quem quer fazer sozinho faz, quem quiser fazer em conjunto também pode... Aí, prá responder... chamo quem se disponha... Se não houver ninguém voluntário, chamo alguém que durante o processo do exercício não estava fazendo.... Eu percebi que têm algumas classes que esperam que eu dê o exercício resolvido! Ficam só papeando, estão em grupo... Esperam a resposta! Então mudei de tática... Tem a classe, famoso 2°B, falei assim: olha, eu não vou dar a resposta, a biblioteca está aí, tem livro de química, vocês vão procurar a resposta... vai cair duas questões na prova... aí funcionou! Antes eu esperava... Se não respondiam eu dava a resposta... agora mudei meu método!

Roseli: Então, basicamente, vocês estão escrevendo a matéria no quadro. Isto é, a razão de não adotarem livros é basicamente financeira...

Graça: As duas! Este ano, como no ano passado.... Não existe um livro que obedeça a seqüência! A gente vai pegando texto, o que cada professor consegue e vai passando... Também mimeografo e alguma coisa na lousa...

Roseli: A maior parte das aulas é com material mimeografado ou na lousa?

Diversos: Na lousa!

Sara: A minha aula não é só ficar escrevendo... A gente escreve e aí explica! Desenha, bota tudo escrito para eles terem...

Após estas falas, restaram-nos poucas dúvidas de que o modelo de ensino/ aprendizagem dos professores era o modelo tradicional, de *transmissão/recepção,* centrado em uma seqüência de conteúdos de química já pré-elaborada. O papel facilitador do professor no processo ensino/aprendizagem se resumia em "explicar bem", para que os alunos "assimilassem bem" e conseguissem fazer os exercícios conforme os modelos propostos. Iniciar a matéria onde o aluno está, significava "descobrir" o ponto na seqüência desenhada da matéria, e não o que o aluno já conhecia, de alguma outra forma, sobre uma situação problemática.

As falas das professoras Graça e Sara, embora pareçam contraditórias, são as duas faces de uma mesma moeda. Há a prática dos professores, forjada na vivência anterior, e esta é a "cara" da situação que precisa ser decodificada, vista de frente ou encarada. E há o discurso constituído a partir das matérias pedagógicas, também coerente e bem estruturado, que "coroou" um processo que não foi suficientemente problematizado para que pudesse dar novos significados às vivências. Ou seja, é necessária a mediação para que aqueles conceitos expressos pelas professoras na fala inicial adquiram novos significados, e que estejam mais próximos do que a

investigação e as inovações pedagógicas estão propondo. Para isso não se deseja negar a prática dos professores. Pelo contrário, deseja-se problematizá-la coletivamente e negociar/mediar a constituição de significados que se aproximem sempre mais do que a ciência pedagógica está propondo hoje e, assim, permitir novas significações às suas práticas.

Apesar de toda a formação anterior dos professores, tanto a "formal intencional", quanto a "ambiental", há sempre uma faixa de potencialidade para novas crenças, novos conceitos e novas práticas. Refiro-me aqui, especificamente, à *Zona de Desenvolvimento Proximal* (ZDP) descrita por Vygotsky (1987, 1988), quando faz um relato genético de desenvolvimento das crianças. Segundo Smagorinsky (1995), ZDP é chave no relato genético de desenvolvimento, também para outras pessoas em interação: **"Zona de Desenvolvimento Proximal é pensado em termos de uma faixa potencial de aprendizagem de cada pessoa, onde aquela aprendizagem é mudada culturalmente pelo meio social na qual acontece"** (Smagorinsky, 1995 :193).

A ZDP abarca os três temas centrais do esquema teórico de Vygotsky, nos diz Smagorinsky apoiado em Wertsch[13]: *método genético de desenvolvimento; origem social da consciência; os processos mentais superiores são mediados por instrumentos e signos.* Central nisso tudo é a **mediação**. E, ao propormos a problematização das práticas relatadas pelos professores, estávamos mediando novas significações para elas, à luz de outras concepções e teorias que tínhamos como mais adequadas para o processo ensino/aprendizagem em química. Com isso não queríamos negar as práticas em curso mas permitir o desenvolvimento teórico e mental dos professores. Desenvolvimento conforme as crenças e teorias que nós, professores universitários e alunos do curso de doutorado em educação, tínhamos em mente. E isto é uma forma de intervenção consciente e proposital, ao mesmo tempo desejada pelos professores que queriam mudar a sua ação pedagógica. Esta situação especial permite às pessoas internalizar, mais intensamente, os novos conhecimentos e, com isso, passar para novos níveis de entendimento da prática pedagógica. **"A extensão com a qual uma pessoa internaliza os valores de uma forma cultural de conhecer depende de seu grau de harmonia com os instrumentos culturais que mediam o desenvolvimento"** (Smagorinsky, 1995 :195).

[13] Wertsch, J. V. *Vygotsky and the social formation of mind.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.

Sem negar as práticas atuais das professoras, as novas teorias educacionais que estávamos veiculando, tornam-se, potencialmente, instrumentos mediadores de novas construções de significados à medida que são usadas voluntariamente elas. Nesse sentido houve a interação e o crescimento recíproco ou o desenvolvimento mental recíproco, tanto das professoras da escola quanto dos professores universitários. Isto se traduz em mais acordo e em melhor aceitação de novos instrumentos de mediação.

Processo semelhante queríamos que fosse desenvolvido junto aos alunos dessas professoras!

Otavio: Eu vou tentar coordenar e ordenar estas idéias todas...O primeiro item que vocês desejam (no Programa) é que o aluno tenha contato com o fato químico, especificamente. Isto está claro! E este fenômeno químico, uma das formas é ver o que é que eles conhecem de transformação na vida deles... E aí, a idéia da combustão está perfeitamente integrada. É perfeitamente integrável, não tem problema algum... Mas o aluno, quando está na escola, ele também gostaria de ver, de experimentar... Poderíamos também falar de outras transformações, como o vinho se transformando em vinagre e muitas outras, também, do dia a dia deles... Mas ele, também, gosta de pegar no tubo de ensaio..., é uma idéia de ciências que o meio lhe proporcionou e que pode e deve ser explorada... Portanto, o contato com o laboratório de forma formal e bem planejada é importante... Então, é importante que a gente ache um certo número de atividades em que ele vá ver, manusear, experimentar, usar equipamentos que de outra forma ele nunca poderá manusear... Inclusive, é válido proporcionar a ele ver a mudança de cor, de formação de precipitados, de desprendimento de gás, coisas que estão no programa de vocês... O que não se pode, é criar a falsa idéia de que a partir disto ele aprenda o que é realmente a transformação química... E ele deve, de fato, fazer as atividades.... Isto, aliás, poderia ser uma decisão do grupo para que no ano que vem se organizasse isto e que o aluno já entrasse na aula com essas possibilidades... O importante é que ele tenha a vivência com estes fenômenos... O que chamamos de lado experimental da química, que pode ser da vida dele, do que ele conhece... Mas, eu penso, ele deve, também, ter a oportunidade de fazer o fenômeno acontecer, mesmo que isto seja elementar para nós, pois para eles não é...

Bom, o importante, se quisermos facilitar a aprendizagem, é pensar nessas coisas também... É claro, também, que a aprendizagem é o compromisso do aluno, conforme discutido na reunião passada. Ninguém disse que aprendizagem acontece quando eu tento colocar na cabeça dele alguns itens de conteúdo. Disto todos têm consciência aqui... Para todos ficou claro que aprendizagem é coisa do aluno, é responsabilidade dele... Mas isto também tem que ser claramente dito para eles; eles

têm que saber que se eles não se envolverem, se eles não estiverem abertos a fazer, a experimentar, a refletir..., nada vai acontecer... Para ele fazer esta construção pessoal, ele precisa tentar explicar como é que ele está vendo as coisas que lhe são proporcionadas... Esta idéia de ele explicar, tentar explicar, deve ser muito estimulada... Isto se consegue quando as coisas que devem ser explicadas são desafiadoras, problemáticas, intrigantes... Aqui vocês têm as condições básicas para fazê-lo, com um laboratório bem equipado, com toda a vidraria necessária, fontes de aquecimento, reagentes... Precisa ativar isso tudo...

Havia uma clara preocupação, de nossa parte (equipe da universidade, núcleo ensino de química) de considerarmos as situações que as professoras nos apresentavam como núcleos problematizadores para buscarmos novos níveis de melhoria da prática educativa. Este era e é um dos nossos princípios educativos, simplesmente porque acreditamos na máxima construtivista de levarmos em conta o que o sujeito já sabe ou no que acredita. Conseqüentemente, pretendíamos defender tal máxima com as professoras e seus alunos, procurando, com isso, a coerência como uma de nossas crenças para a melhoria do ensino de química.

As professoras haviam elaborado um programa de ensino no qual acreditavam, e nele estavam contempladas, no nível das intenções, as orientações curriculares da CENP. Nestas aparecem a **experimentação** no ensino de ciências, a **história** da ciência e o **cotidiano** no ensino de química, como ***princípios orientadores*** para o seu ensino. No entanto, tais orientações estavam sendo assumidas pelas professoras de acordo com as suas crenças, vivências e formações anteriores. Portanto, não foi estranho constatarmos a enorme distância entre a proposição e a implementação do currículo. Por exemplo, no caso da experimentação, houve toda uma concepção construída, por parte delas, com base na visão de ciência empirista/indutivista, visão altamente hegemônica nos cursos de formação de professores de química, o que os fez, também, propor o seguinte programa para o 1º bimestre do 1º ano do ensino médio:

CONTEÚDO:

UNIDADE 1 - TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

1.1 - ESTUDO DE ALGUMAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

a)Apresentação de normas de segurança e reconhecimento de material de laboratório (Experiência nº 01)

b) Observação e descrição científica (Experiência nº 02)
c) Introdução do uso das balanças (Experiência nº 03)
d) Fatores que evidenciam as transformações: cor, formação de precipitados e evolução de gases (Experiência nº 04)

1.2 - COMBUSTÃO

A) Queima de magnésio, enxofre, ferro e carvão.

1.3 - ALGUNS ASPECTOS QUANTITATIVOS DAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

a) Lei de Lavoisier
b) Lei de Proust

1.4 - NATUREZA CORPUSCULAR DA MATÉRIA

a) Modelo Atômico de Dalton
b) Elemento, massa atômica

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

-Conhecer os principais e mais usuais materiais de laboratório
-Despertar a observação e descrição científica
-Saber trabalhar com massas, utilizando a balança
-Reconhecer uma transformação irreversível
-Reconhecer que as transformações químicas seguem leis naturais
-Aprender a criar modelos em micro escala que expliquem o que acontece em macro-escala

METODOLOGIA:
-Aulas expositivas
-Construção de modelos
-Prática de Laboratório
-Trabalhos (pesquisa e/ou exercícios no final de aula)
-Vídeo: elementos, compostos e misturas (Didak)

-PRÁTICA DE LABORATÓRIO

a) Segurança no laboratório de química e orientações para elaboração de relatórios
b) Materiais usados no laboratório (experimento nº 01)
c) Observação e descrição científica (experimento nº 02)
d) Transformações químicas: cor, formação de precipitados e liberação de gases (experimento nº 03)
e) Combustão: magnésio, enxofre, ferro e carvão (experimento nº 04)

....

Assim como este programa, as falas anteriores dos professores revelam as suas crenças no conhecimento químico e no seu ensino que, por sua vez, refletem a concepção curricular de nossos cursos superiores de formação dos químicos, baseados na racionalidade técnica, derivada do positivismo, sengundo argumenta Donald Schön em suas análises dos cursos de formação dos profissionais. Para quem fez curso de química, a seqüência das práticas de laboratório é muito familiar, principalmente os experimentos 01 a 03, bem como, as normas de segurança no laboratório e as orientações para elaboração de relatórios. A experimentação, quando não se compreende a sua função no desenvolvimento científico, acaba se tornando um item do programa de ensino e não princípio orientador da aprendizagem de química conforme defende a proposta curricular da CENP. Por isso, é possível introduzir a experimentação em qualquer momento do desenvolvimento do programa, mesmo no ano seguinte. É isso o que constatei quando analisei o programa para o segundo ano. Ele contempla os mesmos experimentos do 1º ano para o 1º Bimestre. Ou seja, parece não ter havido a preocupação com o aspecto construtivo do conhecimento químico pelos alunos e nem com o conhecimento científico produzido pela humanidade. Parece ter havido a crença na verdade científica estabelecida e esta, como tal, restaria a ser "transmitida" pelo professor e "assimilada" pelo aluno.

Nessa experiência profissional rotineira, não problematizada e não refletida, julgo que não há condições para que as concepções dos professores se alterem espontaneamente (Praia & Cachapuz, 1993; Schön, 1983). Penso que a mediação e/ou negociação de novos sentidos e significados sobre o ensino de química poderiam levar os professores a novos níveis de prática. E foi esta a forma de atuação que procurei desenvolver mais e mais. Assim, também, queria que os professores o fizessem, isto é, diante de seus alunos fossem aquele outro que pode e tem o que dizer.

A seguir, transcrevo uma seqüência que julgo possa espelhar a negociação e a necessidade da considerar o que o outro já sabe, as suas vivências e as suas construções escolares e cotidianas.

> *Otavio: A segunda coisa é valorizar a tentativa de explicação que (os alunos) começam a dar, usando o sistema lógico deles, a linguagem deles... E se eles usarem aquilo que aprenderam na 8ª série, deixe-os usar... No decorrer dessas tentativas é que vocês vão introduzindo a linguagem mais adequada e a explicação*

mais aceita na ciência... Esta é a parte de vocês... Eles têm um esquema lógico que é diferente do nosso e que deve ser desvendado por eles e, então, comparado... Vocês são formados em química, têm experiência até de esquemas industriais, esquemas de pesquisa avançados... É importante que eles tentem a explicação... Digamos que para eles a idéia de átomo seja pensada como pedaços...que se encaixam... Não tem problema... Se eles usarem o termo átomo com um sentido diferente daquele que nós atribuímos... ótimo... Se usaram partícula, ótimo... Se usaram partículas pequenas, ótimo... O importante é que se dê um embate de idéias, uma negociação de sentidos... Ainda vamos ter oportunidade de trabalhar essa negociação de sentidos e significados...

Com essa última frase da minha fala eu estava apontando um possível novo referencial para o processo ensino/aprendizagem, de forma mais explícita para as negociações que teriam de acontecer em sala de aula, com base na tendência histórico-cultural, sócio-histórica ou, ainda sociocultural, desenvolvida a partir da escola soviética da psicologia da educação, segundo a qual **"o processo educativo é um método formativo, no sentido literal da palavra" (Cecchini, 1991)** e onde os princípios da comunicação adquirem grande importância na construção/reconstrução cultural e no desenvolvimento das pessoas. De nossa parte houve sempre a preocupação de explicitar os sentidos das palavras que teríamos de usar nos contextos químicos em discussão. Isto porque o sentido inicial das palavras dentro do contexto químico teria que ser formado pela mediação do professor, pois tais palavras podem evocar muitos sentidos diferentes daqueles que são próprios dos contextos químicos. Pesquisas educacionais revelaram que uma mesma palavra apresentada em contexto não específico evoca muitos significados diferentes (Schnetzler, 1994) e pode não evocar aquele que o professor quer lhe atribuir.

Adotando Vygotsky (1987) há um significado mais estável para cada palavra, na verdade, generalização ou conceito, que é próprio dentro do contexto químico. Mas tal significado deve ser formado na interação e na negociação em contexto organizado pelo professor, pois deve-se tornar conceito ou generalização para os alunos. Assim, poder-se-ia tornar possível a comunicação em classe e, desta forma, a construção do conhecimento químico e a constituição e o desenvolvimento mental dos alunos, conforme nos embasam os princípios da psicologia e pedagogia soviéticas de tendência histórico-cultural. Ao considerarmos que

"a função de generalização é a função principal da linguagem, sem a qual seria impossível adquirir a experiência das gerações anteriores

> **(...) seria errado julgar que esta é sua única função (...) [e nem] apenas um meio de generalização, é, ao mesmo tempo, a base do pensamento"** (Luria,1991:80),

foi-nos possível estabelecer o seguinte diálogo:

> *Otavio: Definir os termos terá pouco valor prático na aprendizagem... Usar os termos sim, em circunstâncias tais que o objeto a que se refere esteja presente, o fenômeno esteja acontecendo [pode tornar-se significativo]... Exemplo:* ***solução****...É um termo essencial em química. Não posso esperar que se esgotem todos os significados atribuídos a ele para, só então, poder usá-lo...*
>
> *Ângela: Uma menina vira prá mim e diz: professora, eu uso lente de contato e lá está escrito: solução de cloreto de sódio 0,9% em água...*
>
> *Otavio: O que se tira disso é que as pessoas têm idéias, elas não são tábulas rasas..., atuam dentro de uma lógica delas, um conhecimento adquirido por elas, de alguma forma... E [fazem] uso de uma linguagem para expressarem essas idéias...*
>
> *Então, não tenham censura! Vocês sabem que a linguagem inicial, a simples palavra, não significa muita coisa... Se você diz* ***solução****, isto não vai significar para eles [alunos] exatamente o que significa pra você, mas se você tem a presença da solução, preparada com eles, vocês aproximam as coisas. Há a palavra e há o objeto a que se refere e há o conceito científico que essa palavra expressa pra você. Assim, ao menos, não vão ficar pensando em solução de um problema de matemática... Devagarinho, desta forma, com sucessivas aproximações, o conceito vai se constituindo até se tornar um verdadeiro conceito científico, definível... Pode-se definir, mas não é necessário... Pode-se dizer que a ciência definiu assim, mas eles também podem fazer definições com as próprias palavras para expressarem um conceito... Ex: para ter solução preciso ter um solvente e algo que se solubilize nele...*
>
> *Andréa.: Vai atribuindo novos significados...*
>
> *Otavio: O importante é que se estabeleça a interação, com a participação de todos os alunos da classe... Como conseguir dar esses estímulos de participação?... Aí entra o clima criado na classe, o professor, o assunto... Mas, à medida que isso for conseguido, os alunos já falarem, argumentarem, contra-argumentarem; o professor colocar novos desafios... É importante que se consiga achar modelos mais coerentes de explicação e que envolvam as saídas já achadas pela ciência... Você, Ângela, tentou, antes, achar saídas, falou em "pedaços...", tentou fugir do termo átomos, moléculas... Não tem problema... Você pode, por exemplo, usar um termo genérico, partículas... Partículas é uma palavra boa! Depois se pode dar os nomes mais convenientes, conforme a situação: átomos (para Dalton apenas átomos), moléculas (para Avogadro átomos e moléculas), íons etc. Mas o termo partículas pode permitir todo um modo de pensar sobre a matéria, sobre os fenômenos... Isto já permite modos de explicação e sucessivas aproximações da explicação científica de um fenômeno químico...*

Com certeza, se vocês fizerem a experiência de combustão da vela, para o mesmo fenômeno observado, digamos a cor da chama, as explicações de cada aluno serão muito diferentes, mesmo observando a mesma coisa... Ou seja, é muito importante saber que não é se "enxergando" alguma coisa, um fenômeno, que a gente vai enxergar a mesma realidade ou a realidade da mesma forma. Às vezes a gente tem a idéia equivocada: se a observação é científica todo mundo enxerga a mesma coisa! Mas não é assim... Mesmo que façamos uma observação científica, cuidadosa, controlando variáveis, faz tudo conforme... Mesmo assim as pessoas enxergam coisas muito diferentes e pensam muito diferente sobre as coisas observadas.... Me lembro de uma frase que foi atribuída a Einstein: "a gente só enxerga aquilo para o qual se foi preparado para enxergar". É idéia errônea de ciência pensar que se enxerga a mesma coisa em um fenômeno... Isto está mais do que provado, e é bonito, também, porque a gente vai enxergando à medida que tem conhecimento, num processo dialético... E isto não tem fim e também não é cumulativo, vai enxergando diferente porque possui agora uma nova linguagem, uma nova estrutura de conhecimento...

No caso da vela... Se eu tenho conhecimento sobre os fenômenos da oxidação-redução, posso falar em chama oxidante, chama redutora... Se ensinarmos as partes da chama de uma vela e usarmos estes termos, os alunos podem até decorar os nomes e as partes da chama que são, respectivamente, redutoras e oxidantes, mas não vão entender nada sobre isto... O aluno, sem o conhecimento ainda da química da chama, pode falar que a vela tem partes da chama que são amarelas, outras azuis, outras mais escuras ou vermelhas... Ou seja, ele vai ficar nas aparências... Agora, você pode puxar outras reflexões: por que a chama é amarela? por que outra parte fica azul se é a mesma vela que está queimando? como se pode comparar com outras chamas, por exemplo, de um bico de gás?... Aliás, o bico de gás pode ser regulado e apresentar tanto a chama amarela quanto a azul... É assim que começa a investigação... Azul se há suficiente gás oxigênio, amarela se há fuligem... Os alunos podem assim, mesmo os de 8ª série, chegar à conclusão que a chama é amarela porque há partículas de carvão incandescentes em seu interior. Mas, por que brilham as partículas de carvão quando aquecidas, por que são amarelas e não verdes..., isto não pode ser explicado na oitava série e nem, creio, para alunos do primeiro ano do segundo grau, em primeiro contato com a estrutura da matéria, de uma forma um pouco mais inteligente...

I.3.2 - O pensar e o agir: o professor como pesquisador em ação.

A análise que Schön faz da atuação dos profissionais em situações reais, mostra as limitações que possuem para resolver problemas reais. Isto pode ser ainda

mais problemático quando se fala dos professores do ensino médio e fundamental. As situações reais que os professores enfrentam são ainda mais complexas do que aquelas que outros profissionais enfrentam e, portanto, mais distantes das situações ideais abordadas nos cursos de licenciatura em que foram formados. Estes são, normalmente, desprestigiados no interior das grandes universidades, havendo pouca preocupação em proporcionar aos estudantes as condições de uma boa formação específica para o exercício do magistério. Schön relata o caso de uma escola de educação, responsável por formar professores e administradores escolares para um estado americano. Esta escola situa-se dentro da universidade estadual onde há pressões constantes, por parte da administração estadual, para a redução de custos, propondo como alternativa a formação de "habilidades básicas", sem maiores preocupações com a formação intelectual sólida dos futuros professores. Dentro da universidade, a escola é isolada e sua atividade é considerada de segunda linha, se comparada com o *status* das disciplinas ligadas aos outros departamentos, dominados pela epistemologia da prática usual dentro da universidade. Internamente a escola funciona de forma *balcanizada*, diz Schön, em territórios separados de psicologia educacional, treinamento de professores, educação continuada, educação científica, administração educacional, psicologia de aconselhamento, etc. (Schön, 1987 :316).

No que se refere à licenciatura de química, aqui no Brasil, o desprestígio é visível se comparado com o *status* que ostentam outros cursos de graduação em química, como bacharelado em química, química industrial e engenharia química. A licenciatura em química, apresentou-se, muitas vezes, como alternativa para os estudantes que não conseguiam cursar disciplinas mais avançadas em química orgânica, físico-química, química inorgânica. Para esses alunos eram oferecidas disciplinas didático-pedagógicas e, como "prêmio de consolação" (Chassot, 1994 :175), a licenciatura em química. Esta atitude de descaso com a formação profissional inicial dos professores apenas agrava a problemática geral do exercício profissional no contexto atual, apontada por Schön. O licenciando, simplesmente, não discutiu o seu perfil profissional e, muito menos, as ações que iria desenvolver como professor em uma escola, a não ser nas poucas disciplinas pedagógicas que são "agregadas" ao seu currículo e, geralmente, proporcionadas pelas faculdades de educação, distantes dos institutos.

> **"Há, usualmente um certo desprezo, por parte dos profissionais de química, das demais áreas para com os que buscam a química para fazer educação. As razões para esta postura está na**

> **desvalorização de incursões interdisciplinares, principalmente se estas envolvem história e filosofia da ciência, e mais ainda conhecimentos de psicologia da educação. Esta não valorização é conseqüência do quanto estes profissionais desconhecem estes saberes"** (Chassot, 1994 :176).

Ao saírem dos cursos de licenciatura, sem terem problematizado o conhecimento químico e nem o ensino desse conhecimento na escola, recorrem, usualmente, aos programas, apostilas, anotações e livros didáticos que os professores deles proporcionaram quando cursavam o ensino médio. É isto que mantém o círculo vicioso de um péssimo ensino de química em nossas escolas!

Ao lado desse descaso com a formação inicial dos professores nos cursos de licenciaturas, move-se, célere, a desvalorização do professor como profissional. Muitos estudiosos propõem a **profissionalização** do professor como saída para a crise educacional, principalmente, no que se refere à tarefa de proporcionar melhor aprendizagem aos alunos nos diversos campos do conhecimento humano. A desprofissionalização do professor se manifesta no desprestígio social dessa profissão que afasta, em parte, bons candidatos das carreiras do magistério, nos baixos salários recebidos pelos professores que os impedem de investir em auto-aperfeiçoamento, nas péssimas condições de trabalho nas escolas, principalmente, nas escolas públicas, que não permitem o exercício mais qualificado da profissão. Há, ainda, a auto-percepção negativa de ser professor (Pérez, 1988), que faz com que diminuam os debates produtivos dos professores como categoria profissional que tem idéias e deseja participar, ativamente, na construção de uma sociedade mais justa e mais feliz. Isto tudo pode estar retardando o reconhecimento social da crise educacional em sua dimensão mais profunda e, conseqüentemente, a vontade política para uma profissionalização mais acentuada do professor. Enquanto o próprio professor "enxergar", em sua prática profissional, o exercício do magistério como algo essencialmente simples, para o qual basta saber alguns conteúdos e "passá-los" aos alunos para que estes os "devolvam" da mesma forma nas provas, é difícil pensar na profissionalização do professor que implique decisões **"relativas, por exemplo, ao nível de formação dos professores, ao seu salário, ao seu caderno de encargos, ao seu grau de autonomia nas salas de aula e nos estabelecimentos de ensino"** (Perrenoud, 1993 :139).

Perrenoud (1993) chama a atenção para o fato de a alta profissionalização, com especialização de saberes e com autonomia de ação, ser uma exigência, apenas,

para tarefas que o meio social reconheça como complexas e, para as quais, as soluções propostas não estão respondendo às expectativas sociais e individuais. Isto não está acontecendo, ainda, em nosso meio. As tarefas de ensino, principalmente na escola fundamental e média, são consideradas de pouca complexidade e pouco exigentes em saber especializado, pelo meio social. Mais vale galgar os graus do ensino, "passar de ano" do que aprender, com mais profundidade, o que propõem os currículos escolares. Os professores, ao menos, têm essa sensação diante das manifestações dos alunos.

Em uma reunião de avaliação do trabalho realizado junto às professoras, mais precisamente, após o primeiro semestre de atividades junto ao grupo, pode-se ver como esta sensação é forte:

> *Roseli: (...) Vocês estão sentindo dificuldade de trabalhar com os alunos, nessa perspectiva aí? [trabalhar as idéias dos alunos, partir do que o aluno já sabe...]*
> *Ângela: É, mas sempre foi diferente...*
> *Sara: É, agora a gente percebe como é que eles não se interessam pela gente...*
> *Roseli: Por que?... Não entendi...*
> *Sara: Porque você põe as coisas para eles... Que nem os experimentos, manda eles desenhar e na hora do vamos conversar: explica por que fez isto?... 10% da classe [participa], e o resto [pergunta]: O que a senhora quer com isso? .... Ah, vira as costas, está conversando, não está nem aí... Sabe, não sei se são os alunos, se a gente tinha que ir treinando eles para despertarem o interesse, porque eles querem receber tudo pronto.... Então, para eles não interessa pensar... Para que pensar?... Ah, é preguiça de pensar; eles têm preguiça mesmo, cheguei à conclusão que eles têm preguiça mesmo...*
> *Isa: Alguns falam: (...)ah, você tem que dar uma lista de 10 exercícios e destes 10 exercícios você tira 5 para prova... Porque era assim que o professor fazia no ano anterior... Nesses dias uma menina, do primeiro A, virou e disse assim para mim: ah, professora, você fez Faculdade? Lá na minha escola, onde estudava, tinha professor que não fez Faculdade e dava aula prá mim... Aí,* ***dona...*** *por que você fez Faculdade?...*
> *Sara: Aí eles perguntam: mas aonde você fez a Faculdade?... Na UNICAMP... Ah! (grande admiração) Na UNICAMP! Por que que você não está trabalhando na indústria?...*
> *Ângela: Isto tudo é muito desestimulante...*
> *Sara: Eu tenho um primo, disse-me uma aluna, que fez o curso técnico em química, trabalha na Petrobrás não sei aonde...*
> *(o grupo conta outros casos de alunos que não se conformam que os professores sejam professores, tendo em vista a formação que têm, todos formados na*

UNICAMP, Isa, Doutoranda em Química, Ângela, Mestre em Química, Ida, com os créditos do Mestrado concluídos, Sara, com grande experiência em indústria....)
Sara: O problema deste tipo de proposta [que o grupo se propunha a trabalhar], é condicionar os alunos, porque eles já estão tão acostumados a ver tudo pronto, que você muda e eles ficam na dúvida... Por que você está falando tanta coisa? Onde é que nós vamos chegar com isso?
Andréa: E vejam, eles estão pegando vocês na transição, quer dizer, eles já tiveram vocês de outro jeito. Estas turmas estão pegando a mudança, eles são meio cobaias aí... Então, acho, essa resistência é...
Sara: Prá que vou fazer desenho?... Vai valer nota?... Ah, então é assim?... Está certo? ... Eles não querem saber se está certo, eles querem saber o que você está pedindo...

Em muitos outros momentos do trabalho, as professoras manifestaram a sua decepção em relação ao envolvimento dos alunos nas atividades propostas, mesmo quando já estavam tentando trabalhar situações novas criadas pelo grupo e, potencialmente, mais interessantes do que faziam antes:

Sara: Primeiro é torná-los dispostos a fazerem isso aí, a executarem os trabalhos solicitados... Quando mandei eles fazerem esses desenhos [que representasse a dissolução de um cristal em água] eles ficaram esperando, viraram de um lado a outro... Fizeram em grupos [quando foi solicitado que cada um fizesse e expressasse as suas idéias] e muitos nem fizeram...
Andréa: ... a gente percebe resistências... e elas são muito comuns. Ontem uma colega nossa estava relatando sobre isso, ela está trabalhando 4 séries numa abordagem assim... Ela contou que usou 10 aulas para que eles falassem o que pensam sem medo de serem repreendidos... Todos têm uma história escolar..., falou errado perde ponto, é considerado burro... Eles têm resistência mesmo, resistem a esse tipo de trabalho... Eles querem decorar [conforme sempre foi a sua vida escolar].Ângela: ... isto acontece quando a gente chama alguém para vir para o quadro ou para comentar alguma possível resposta a uma questão colocada... Eles nem querem saber de apresentar a sua idéia, dizem que está errado, não querem se expor.(...)
Andréa: E daí como é que foi a dinâmica disso? [o trabalho com soluções que fora planejado conjuntamente]
Sara: Então... a gente fica meio preocupado em saber se está direcionando certo ou não... A dinâmica foi que seis alunos de 40 que ficaram lá em volta de mim e responderam... O resto estava tudo lá e não estava nem aí..., não fazia pergunta, não respondia... Eu puxava pergunta: e você o que acha?... Ah, não sei! Como é que é o certo? Eles querem saber qual é o certo...

Ângela: eles querem a resposta pronta...

Sara: Então, fica meio difícil... Seria bom vocês irem lá, se pudessem acompanhar ou gravar a aula, ouvir o que eles falam... Porque aí a gente fica meio sem saber o que fazer...

Andréa: Mas eles também querem a resposta certa? [dirigindo-se para Isa para que relatasse a dinâmica da aula que dera sobre o mesmo assunto]

Isa: queriam a resposta certa!

Andréa: Participaram?

Isa: Participaram... Teve alguns que não queriam fazer não... Mas aí eu falei que ia ***valer nota*** *e, então fizeram alguma coisa.*

Sara: Lembram que eu falei que só 5 estavam fazendo?... agora vou dizer que vai ***valer nota****... Se a gente fala que vai valer nota eles têm aquela preocupação de fazer o certo, porque se eles fizerem errado... não vão ter a nota...*

Otavio: Deixa eu fazer uma pergunta pra vocês: Dentro da expectativa... e que vocês já trabalharam com eles, o resultado parece não ser muito animador...

Todos: É...

Otavio: A gente fica um pouco decepcionado, embora haja algumas coisas que parecem interessantes...

Sara: Não, mas... é assim, ó... Pessoal que participa, a gente.... sabe... que nem esse pessoal do segundo D, a turma mesmo conseguiu mudar a idéia [em relação ao que pensavam antes] e passou a pensar diferente... Então, eu acho que valeu a pena...

Otavio: Mas eu me refiro ao trabalho anterior... Eles já estão no segundo ano, vocês já deram toda aquela idéia de ligação química, de interação entre moléculas..., nada disso apareceu como primeira idéia...[é como se não tivessem tido nada de partículas atômicas e moleculares na matéria, embora o programa dado ressaltasse isso].

Sara: O problema seria treinar os alunos..., é o que eu acho que deveria ser feito... Treinar... Sei lá se é a palavra certa... Mas fazer com eles vejam ligação entre várias coisas que eles aprenderam.... Eles parecem que aprendem isso... Ah! agora eu posso esquecer... Agora aprendo isso... agora aprendo aquilo... Então ele não vê que pode ligar este com este... e chegar num pensamento maior...

Otavio: Por que você acha que isto acontece?...

Sara: Por causa de nota... A própria divisão da escola... Você ensina esta matéria, depois eu vou ensinar esta outra, você faz a prova desta matéria, depois foi da outra... Não tem sentido. Embora a gente tente, não se consegue... Sei lá!... Não vejo meio de fazer sempre voltar as coisas [anteriormente dadas].

Otavio: Você acha que se a matéria que você dá pudesse ter uma forma de voltar... e a escola também se organizasse diferente, poderia talvez, por hipótese, se superar essas separações?

Isa: Sabe o que eu senti?...Quando fui explicar, porque eles me cobraram a explicação, eles disseram: Ah! professora, a gente vai ter que se lembrar de novo

disso, dessas coisas de ligação polar, ligação iônica..., essas coisas.... Eu disse: mas gente, uma coisa puxa a outra....

Sara: Eles têm uma resistência em querer lembrar, parece que eles têm uma preguiça mental de não querer lembrar o que ele já aprenderam. Sabe, parece que é preguiça, eu chamo de preguiça de pensar... O que fazer para estes alunos tirarem essa preguiça de pensar? Acho que se a gente conseguisse tirar isso, não ia ser só em química, ia servir para matemática, geografia, prá tudo... Para mim eles têm preguiça de pensar....Então, a nossa forma de ensinar está errada, porque está condicionando a eles, que não precisa pensar... Que nem apertar um botãozinho e sai a resposta para eles...

Nessa fase dos trabalhos junto às professoras da escola, ano de 1993, parece que a principal culpa por todos os problemas de aprendizagem em química recaíam sobre os alunos. Sara, no entanto, levanta a hipótese de que a forma de ensinar pudesse estar errada, por não 'condicionar' os alunos a pensar. Para mim existe a convicção que há muito mais coisas que estão erradas! Elas irão aparecer no decorrer do trabalho realizado junto ao grupo de professores

Cabe à sociedade civil organizada interpretar as necessidades próximas, ou mais longínquas, das populações em termos de uma escolarização menor ou maior, de mais qualidade ou de menos qualidade - não essa "qualidade total" que começa a aparecer em muitas escolas como solução mágica para resolver os problemas educacionais - e, então, gerar consensos que possam se traduzir em políticas públicas. A formação inicial, de responsabilidade das universidade e escolas de magistério, não pode preparar professores com uma qualificação muito além das exigências sociais atuais, diz Perrenoud. Quem se submeteria a cursos de altíssima exigência acadêmica e pedagógica, com condições reais de responder a essas exigências, se os salários definidos para os professores são baixíssimos e as condições de trabalho são péssimas? Se as exigências de formação inicial forem grandes e houver estudantes que as cumpram, os jovens professores **"se resignarão com uma regressão para a média e se adaptarão 'no terreno' às práticas dominantes, esquecendo a sua formação"** (Perrenoud, 1993 :140). Mas o próprio Perrenoud admite que cabe às instituições formadoras propor a renovação da formação inicial dos professores no sentido da melhor qualificação, não se submetendo às condicionantes atuais para uma qualidade educativa de melhor qualidade, podendo *antecipar e acelerar, assim, uma evolução global.*

A evolução global no nível de escolarização dos cidadãos é uma exigência e ela é reconhecida pelos administradores das políticas educacionais, algo público e notório nas falas do atual ministro da Educação. Reconhece-se, ao menos nos discursos oficiais, que as novas gerações necessitam uma qualidade educacional básica e média muito melhor do que vem se praticando, preparando-as para uma sociedade mais complexa, porque planetária e globalizada, e exigente de qualificação e iniciativas criativas por todos os seus membros. Isto também pode antecipar a profissionalização dos professores, desde que as práticas de implementação das inovações e reformas contemplem as vozes dos que fazem a educação acontecer nas salas de aula. Até aqui, como vimos, seguindo a lógica das políticas educacionais traçadas, de acordo com a atual tendência hegemônica neoliberal internacional, os professores estão afastados do processo e sempre mais afastados de uma possível profissionalização. Resta a eles criarem 'ilhas' de resistência nas escolas e, desta forma, produzir a qualidade educativa que foge ao controle das políticas públicas traçadas.

Segundo Perrenoud (1993), já não basta mais uma escolarização obrigatória que se congratula quando todas as crianças saem da Escola sabendo *ler, escrever e contar*. Para muito além disso, é preciso que todos aprendam, de modo eficaz, **"a tolerar, a respeitar as diferenças, a coexistir, a raciocinar, a comunicar, a cooperar, a mudar, a agir de uma forma eficaz"** (Perrenoud, 1993 :140-141). Para conseguir isso temos de pensar políticas educacionais muito além dos propósitos atuais das administrações públicas, restritas às exigências neoliberais que jogam toda a responsabilidade sobre os indivíduos, principalmente aos que já são as vítimas da exclusão.

Cabe à sociedade pagar pelo preço justo por uma tarefa considerada complexa e ela estará disposta a fazê-la se estiver convencida disso. Pelo que me é dado ver hoje, não há esse apelo pela qualificação do professor porque a tarefa de ensinar é, ainda, considerada tarefa fácil e que qualquer um pode executar. Nem as três forças mais próximas ao complexo escolar – entendido aqui como escola concreta, situada e datada – que são os alunos, os professores e o entorno escolar (pais, administradores, comunidade), conseguem atuar em fase para ocupar melhor os tempos e espaços já disponíveis para o aprender e, muito menos, inovar em educação de modo a desenvolver valores como os definidos por Perrenoud e apresentados acima. Vejo um professor preocupado pelo pouco interesse que seus "ensinamentos" provocam nos

alunos e pelo fato de estes estarem sempre mais preocupados com o "passar de ano" ou o "ir bem na matéria" do que com o conhecimento que precisam conquistar. Entre esses atores centrais do processo educativo estabelece-se, muitas vezes, a negociação de interesses que não convergem para a construção/reconstrução do conhecimento no modo da função da escola, o que gera o que se convencionou chamar *pacto da mediocridade*. Nele se ocultam problemas graves, principalmente no ensino médio, como as "reprovações", as "ausências" de alunos e professores, as "recuperações", as "condições materiais" das escolas (bibliotecas, laboratórios, salas especiais). As omissões das administrações escolares e da comunidade próxima (pais, comunidade onde está localizada a escola...) não permitem uma análise mais profunda da verdadeira situação da escola, principalmente em nível do que acontece na sala de aula. As estatísticas que, porventura, venham a ser erigidas a partir das informações de tais dados aparentes (alunos ingressantes, alunos aprovados, alunos desistentes, etc.), irão, apenas, selar o *pacto da mediocridade*, e os culpados já estarão identificados, que são, exatamente, as vítimas de todo o processo: os alunos que não aprendem porque não estudam e os professores que não sabem ensinar porque não são profissionais competentes. O entorno escolar, como um todo, reflete o pensamento social mais amplo...

> *Isa: (...) Ontem teve uma discussão em sala de aula... Eu apliquei prova na semana passada... quando estou explicando matéria eu falo, entendeu?, e aí se não entendeu eu volto... Mas aí tem esse problema daqueles que não entendem nada e não falam nada... Aí ontem fui entregar a prova, vários foram mal, aí um lá falou assim: Ah, professora, eu não estou entendendo nada da matéria e também nem tenho a matéria no caderno... Então ele quer culpar o professor... Ele faltou e não tem nem a matéria no caderno...Daí foi a maior discussão em cima disto na sala de aula...*
>
> *Otavio: E como foi a discussão?*
>
> *Isa: A turminha do fundo defendeu o aluno... uns 4-5 ali... Mas o resto não... Eu falei: se vocês olharem no caderno e ver o que foi pedido... Aí um já falou: está sendo o mesmo problema que na matemática: no caderno você dá uma coisa e na prova você pede outra coisa... Eu tinha falado no começo do ano com o Diretor e ele falou assim: dá exercício igual, muda os números [na hora de pedir na prova]. Estão todos os exercícios no caderno, mudei os números... O pessoal foi mal...*

Ainda assim, é o professor, entendido como coletivo organizado, englobando também as direções democráticas das escolas, o único potencialmente capaz de

colocar em fase as três forças do complexo escolar e movê-lo no sentido de explicitar uma proposta pedagógica global para a escola, e criar as condições para a sua realização.

> **"Determina-se a ação educativa da escola, em seus aspectos criadores próprios, pela compreensão e atuação combinadas de seus instituintes internos, sujeitos coletivos organizados: os educadores e os educandos. São eles que na especificidade da ação educativa explícita e continuada, constroem o ser outro da escola como grupo social determinado em sua complexidade interna e nas inter-relações de seus subgrupos"** (Marques, 1992 :111)

Mais adiante Marques é mais enfático quando diz que

> **"é requisito básico o de que todos os membros do universo escolar, incluída aí a comunidade humana a que serve, participem com voz ativa na auto-reflexão do projeto pedagógico, como processo de configuração da vontade coletiva com base nas interdependências e co-responsabilidades. Somente através da discussão livre de coerções, de que todos participem e a todos envolva responsavelmente, podem os marcos institucionais por tendência rígidos ser reinstituídos de contínuo e legitimados na permanente reconstrução das relações sociais na escola, dos valores e normas compartilhadas e dos interesses comuns"** (Marques, 1992 :112).

Ao agir assim teríamos, de fato, o professor como profissional da educação. Para participar ativamente na elaboração do projeto pedagógico da escola ele teria que constituir as qualificações necessárias, atuando de forma interdisciplinar e integrada. Além disso, as condições de tempo e espaço na própria escola teriam que ser garantidas, pela administração escolar e pelo sistema educacional ao qual estaria vinculada a escola, como um projeto de vida do profissional. Na prática escolar concreta, os professores atuam, geralmente, de forma isolada, como se fossem os únicos a terem contato com determinada turma do ensino médio. O professor de química, por exemplo, desconhece o que faz o professor de física, de geografia e qualquer outro, dentro da mesma sala e com os mesmos alunos, apenas em horários diferentes. Além disso, o professor assume uma escola já pensando em uma possível remoção para outra escola, tendo em vista melhorar as suas condições de trabalho. Este fato conhecido e constatado em pesquisas empíricas (Ladeia, 1995), impossibilita um trabalho a médio e longo prazos de qualificação dos professores para a produção e a condução adequada de um projeto pedagógico de escola. Nesse sentido, a

profissionalização do professor no ensino médio brasileiro é, até aqui, apenas uma idealização da qual alguns educadores falarão, tentando apontar os rumos para que ela, algum dia, se instale.

Quando falamos em *profissionalização do professor*, certamente, não pensamos todos a mesma coisa. Popkewitz (1992) chama a atenção para o uso diferençado que se faz para essa palavra. Segundo ele, profissionalização e profissão são palavras cujo significado não é universal e fixo, pois são conceitos socialmente construídos. Na realidade americana, *profissão* está ligado com autonomia, conhecimento técnico, controle sobre a remuneração, ética de trabalho, etc., que são idealizações abstraídas das lutas políticas, dos confrontos, dos compromissos na formação e que se desconhece no uso atual do termo para a profissionalização dos professores. Na retórica oficial, diz Popkewitz, os professores deveriam exercer a sua atividade com autonomia, integridade e responsabilidade, mas historicamente os professores foram sempre incumbidos de aplicar *políticas curriculares uniformes, submetidos a dispositivos de avaliação padronizados, treinados para gerir as salas de aula com padrões de ação claramente normatizados e segundo programações externas à sala de aula, etc.* Como falar em profissionalização em tal contexto?

> **"Não deixa de ser irônico, no entanto, que o desejo de produzir novos graus de liberdade e autonomia dos professores, graças às Ciências de Educação, tenha produzido historicamente efeitos contrários no que diz respeito às responsabilidades. As novas tecnologias em desenvolvimento tendem a acentuar a regulação das vidas do professor, através de um processo de individualização que o sujeita a intermináveis supervisões feitas por si próprios e pelos outros"** (Popkewitz, 1992 :45).

Isto acaba acontecendo, por exemplo, quando se utilizam as descobertas da *psicologia cognitiva,* que diz que as idéias e crenças dos professores sobre ensino, aprendizagem, conhecimento, alunos, etc., afetam as suas práticas da sala de aula. Estes estudos, diz Popkewitz, acabam criando, na prática, novas regulações sociais na vida dos professores, bem como novas formas de supervisão. E isto vai contra a idéia de profissionalização dos professores pela qual se entende maior autonomia e menor regulação de sua atividade docente. Ou seja, mais do que continuar a estudar as crenças, idéias e pensamentos dos professores, temos de trabalhar as condições de ensino e aprendizagem de um determinado conhecimento junto a um determinado segmento social, representado por uma certa escola. A profissionalização dos

professores seria, então, esse assumir de uma escola datada e localizada, sobre a qual os professores se debruçariam, criando um Projeto Pedagógico de Escola coerente que se concretizaria nas salas de aula e em cada matéria ou campo de conhecimento a ser trabalhado. Os valores "transcendentes" de justiça, igualdade, democracia, solidariedade e outros, fundados na racionalidade moderna, continuariam a ser referência na formação intelectual dos professores e de sua profissionalização, mas o debruçar-se sobre a realidade imanente, de uma determinada escola, determinada sala de aula e determinada matéria de ensino, na forma de coletivos organizados, tornar-se-ia a base das ações educativas. Estes espaços existem dentro de nossas organizações escolares e que, uma vez bem ocupados pelos professores, poderão ser ampliados como exigência do próprio trabalho coletivo e, mais ainda, pelas novas exigências e pressões sociais advindas da própria sociedade, representada pela comunidade escolar envolvida no novo processo. Se ensino continuar a ser passar certos conteúdos no quadro, informar sobre eles, e aprendizagem ser devolver isso nas provas, o tempo e espaço do professor, como está distribuído hoje, é adequado. Novos espaços e tempos serão conquistas que somente uma nova prática pedagógica poderá proporcionar e, com isso, a implantação de um verdadeiro processo de profissionalização do professor. Neste sentido concordo plenamente com Nóvoa quando diz que

> **"a mudança educacional depende dos professores e da sua formação. Depende também da transformação das práticas pedagógicas na sala de aula. Mas hoje em dia nenhuma inovação pode passar de lado de uma mudança ao nível das organizações escolares e do seu funcionamento. Por isso, falar de formação de professores é falar de um investimento educativo dos projetos de escola"**
> (Nóvoa,1992b :28-9).

Dentro dos espaços e tempos possíveis hoje, que existem pois a escola concreta não é um todo determinado, propomos a participação essencial do professor na concepção e concretização do currículo a ser desenvolvido na escola e dentro das salas de aula, gerando, coletivamente, saberes e valores. Estes seriam os tempos e espaços de ***pesquisa dos professores***. Até aqui, o professor do ensino médio e fundamental, não está sendo visto como alguém que cria um currículo, mesmo que siga roteiros de aula criados por outrem. São as ênfases, as interpretações, o detalhamento, e toda uma gama complexa de relações em sala de aula, que exigem

que o professor crie situações na prática e aponte saídas. Este é o espaço de pesquisa do professor ao qual não é dada atenção e ele se esgota no tempo da sala de aula.

Há uma crença e uma prática, muito aceitas no meio da pesquisa acadêmica e tecnológica, segundo as quais os novos grupos de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico só "absorverão" certa pesquisa e certa tecnologia se estiverem em um estágio compatível de desenvolvimento para darem seguimento às mesmas por conta própria. Ou seja, não adianta querermos "passar" determinado produto tecnológico ou determinado resultado da pesquisa se os "receptores" não participarem, de alguma forma, de seu desenvolvimento. Penso que em Educação aconteça algo semelhante: se os professores não participarem, de alguma forma, no desenvolvimento das pesquisas educacionais eles não serão capazes de compartilhar, verdadeiramente, dos seus resultados. Ao não se reconhecer isso as pesquisas realizadas, mesmo aquelas que envolvem situações e professores do ensino médio e fundamental, circulam no meio acadêmico e não chegam às escolas, ao menos na forma de mudança das práticas de sala de aula.

Há, hoje, uma farta pesquisa educacional e diversos grupos de excelência, nessa área, espalhados pelo Brasil. Essas pesquisas, no entanto, não chegam aos professores que, efetivamente, produzem e conduzem as aula, ou não chegam com força suficiente para mudar as práticas educativas em nossas escolas. Isto acontece, em primeiro lugar, porque os professores têm acesso muito restrito às publicações mais atualizadas, tanto em livros atualizados quanto em revistas nacionais e estrangeiras. São raras as escolas que mantêm assinaturas de revistas que divulgam resultados de pesquisa e de estudos sobre a problemática educacional, avanços na metodologia de ensino nos diversos campos do conhecimento, novas abordagens curriculares, avanços nas ciências pedagógicas, etc. Estas publicações existem e circulam no meio acadêmico e, muitas vezes, abordam questões sobre escolas, professores, aprendizagem, ensino, organização escolar, etc., de grande interesse para os administradores de escolas, alunos, professores, mas em cujo meio não circulam. Se os pesquisadores educacionais, os governantes e os formadores de professores estivessem convencidos da importância da participação dos professores nessas pesquisas, como forma de mudar a prática nas salas de aula, isso não aconteceria. As escolas, como espaços de reconstrução do conhecimento e reconstrução cultural, teriam melhores condições para cumprirem o seu papel institucional se os seus atores participassem dessas criações, as desenvolvessem em ação conjunta e, conjuntamente,

analisassem os resultados das práticas de sala de aula. A pesquisa educacional, desenvolvida até aqui, é realizada à margem dessa preocupação de envolver os professores em sua realização. Estes abrem seus flancos, mesmo que se sintam invadidos em seu espaço profissional, tentam colaborar para, em cima disso, tentar melhorar a sua prática profissional. De prático, com raras exceções, nada vai acontecer se esta visão de pesquisa educacional se mantiver hegemônica.

Entre os pesquisadores educacionais, principalmente, aqueles envolvidos, mais diretamente, com a formação de professores, cresce a convicção de que a pesquisa educacional deva ser realizada com a participação do próprio professor, tanto em sua formação inicial quanto em sua formação continuada. A pesquisa, como princípio formador e como prática, deveria tornar-se constitutiva da própria atividade do professor, por ser a forma mais coerente de construção/reconstrução do conhecimento e da cultura. Dessa forma poderíamos superar a metáfora do *professor como transmissor de conhecimento e de cultura.* Esta metáfora pode estar isolando o professor da produção do conhecimento profissional, tornando-o sempre mais dependente e desprofissionalizado. Preferimos desenvolver uma nova metáfora, a do *professor-pesquisador* em uma prática reflexiva na ação e sobre a ação, superando a dicotomia, própria da racionalidade técnica, que concebe alguns profissionais como produtores de conhecimentos e outros que o aplicam. Pensada dessa forma, a sala de aula passa a ser uma situação que é única, complexa, com incertezas, com conflitos de valores, com a qual o professor vai conversar, pensar e interagir. Ao fazer isto ele estará pesquisando. É necessário que o faça em um coletivo organizado no qual vai discutir suas descobertas, comunicar seus avanços e reconstruir as suas ações. Hoje ele está afastado das pesquisas educacionais porque o espaço não lhe foi indicado em sua formação inicial e nem em sua formação continuada, quando esta aconteceu, de forma explícita, em sua vida profissional. Em ciclo vicioso, o professor estará sempre mais à margem do processo, conforme Marco Antônio Moreira, com distanciamento crescente das pesquisas educacionais mais atualizadas, provocado pelos pesquisadores porque não se preocupam em colocá-lo na condução das pesquisas. Geralmente, os pesquisadores

> **"consideram o professor despreparado para fazer pesquisa, como também se julgam na posição de lhe dizer como deve conduzir seu ensino. É natural, então, que o professor não se sinta compromissado com a pesquisa. E por que haveria de ouvir**

recomendações de um elemento externo que não o julga competente o bastante para estudar a própria sala de aula?" (Moreira, 1991 :92).

Moreira afirma, ainda, que é o professor que está em melhores condições de investigar as situações de ensino e aprendizagem, em sua sala de aula, do que um pesquisador externo. Tobin (1989) coloca problemas éticos, nessa questão de um pesquisador externo realizar a sua pesquisa sobre um professor e a sua sala de aula, que acabam não permitindo o aprofundamento das questões surgidas da pesquisa devido a constrangimentos e preconceitos entre professores e pesquisadores. Isto não desaparece, mesmo quando a pesquisa é realizada com o professor. Como fruto de sua experiência e reflexão, Tobin vê a pesquisa do professor como atividade indissociável do ato pedagógico e não como uma tarefa a mais que o professor queira realizar por um motivo ou outro. Eu penso, com base em Schön, que na sala de aula real não há situação padrão que possibilite a aplicação de soluções estudadas das quais se abstraiu as condições reais. Essas situações precisam ser vistas como tais e, então, as soluções precisam ser criadas e mediadas pela ação do professor. Neste sentido o ato pedagógico é complexo e exige a presença constante de quem observe, se surpreenda, busque respostas não evidentes à primeira vista, procure entender o processo do ensino e aprendizagem em sua concretude, perceba o contexto e o entorno em que está se dando a educação. Ou seja: a pesquisa é exigência profissional do professor porque sua ação dá-se sobre o real que é complexo, único, contém incertezas e não permite soluções-padrão. Esta é a idéia do *professor como pesquisador em ação*, também defendida por Antônio Flávio Moreira (1995), com base em Schön. Ela permite o compromisso do professor com o avanço do conhecimento pedagógico e com o seu aperfeiçoamento profissional. A. F. Moreira também vê outras idéias e teorias já disponíveis para se tentar esforços de mudança da prática pedagógica. Cita, por exemplo, a idéia de *professor intelectual transformador* com base em Giroux e Mc Laren. Ela tem a capacidade de comprometer o professor com a função de transformação social, além do fazer pedagógico.

Várias tentativas foram feitas e estão sendo feitas para por em prática as idéias da prática reflexiva segundo as entende Schön (1983, 1987), e outros. Schön, por exemplo, viu capacidade artística na atuação de bons profissionais em situações únicas, de incertezas e com valores conflitantes, e levou a sério essa idéia. Propôs um *practicum* reflexivo como atividade central de formação de professores em uma escola americana de formação de professores. Nesse *practicum* os professores em

formação mais teriam que aprender/fazendo, como acontece com as profissões que exigem habilidades artísticas (arquitetura, música, dança...), e, através de diálogo de reflexão-na-ação recíproco com o monitor e colegas, desenvolveriam o seu conhecimento profissional. Várias modelos de "instrução" (explicação), que permitissem o diálogo de reflexão-na-ação recíproco, foram desenvolvidos nesse *practicum* proposto por Schön e mostraram-se promissores. Diferente da maneira tradicional de estágios curriculares no final de curso, o *practicum* proposto por Schön não procura aplicar teorias e técnicas aprendidas no curso. É um *practicum* reflexivo que compõe o núcleo do curso e exige um tempo longo e envolve tanto os professores de disciplinas do curso quanto os profissionais da prática: **"Cultivar atividades que conectem o conhecimento-na-ação e reflexão-na-ação de profissionais competentes nas teorias e técnicas ensinadas como conhecimento profissional nos cursos acadêmicos"**. (Schön, 1987, p. 312).

O estudo mais amplo sobre a idéia recente de reflexão-na-ação, aplicada na educação, é de Valli (1992). É um estudo comparativo de sete instituições americanas, todas desenvolvendo abordagens reflexivas. Nesse estudo, Valli reconhece que é de grande complexidade a *reflexão-na-ação* e que tal abordagem de reflexão só se desenvolve como conseqüência de considerável experiência. Parece ser substancialmente diferente de outros níveis de reflexão detectadas, como decisões baseadas na racionalidade técnica e reflexão-sobre-a-ação (Hatton & Smith, 1995). Segundo Hatton e Smith, que fazem uma revisão bibliográfica sobre o assunto e estudam o caso de Sydney (Austrália) de formação de professores dentro de uma prática reflexiva, há hierarquias de desenvolvimento de reflexões, começando para o iniciante apenas na forma mais simples, iniciando em tipos parcialmente técnicos, refletindo depois sobre a ação até se poder chegar, na vida profissional, à *reflexão-na-ação.*

Menga Lüdke, em trabalho apresentado no VII ENDIPE, Goiânia, 1994, também aborda a questão da pesquisa na formação dos professores (Lüdke, 1995). Segundo Lüdke, seria altamente recomendável que os futuros professores tivessem oportunidades de contatos com pesquisas e pesquisadores e com professores que não fossem meros repetidores de um saber cristalizado mas participantes de um saber que eles também elaboram e reelaboram. O que se pode fazer, ainda segundo Lüdke, baseando-se em Perrenoud (1993), nos cursos de formação de professores, é utilizar a investigação como "princípio educativo", diferente da "pesquisa científica

verdadeira", praticada em uma comunidade científica. Seriam exigências de níveis diferentes e incompatíveis no curso normal de formação na graduação.

Eu penso a pesquisa sem adjetivos na formação dos professores, tanto na formação inicial quanto na formação continuada, como princípio educativo e como prática educativa. A sua implementação como prática é difícil, mais pela concepção restrita que costuma ser dada pelas 'comunidades científicas' do que pela possibilidade de produzir conhecimento novo e válido para as situações concretas a que ela deve se destinar. Schön (1987, :333) reconhece essa dificuldade de implementação após avaliar o *practicum* reflexivo implantado junto ao curso de formação de professores e se pergunta se é possível combinar, na prática, um currículo profissional coerente com as condições essenciais para um *practicum* reflexivo. Um dos dilemas, por exemplo, foi o tempo, a sobrecarga de atividades e de envolvimento com o *practicum.* Uma das possíveis causas da dificuldade de os estudantes se tornarem *designeres* reflexivos pode ter sido a escassez de prática anterior sobre a qual refletir. Por isso Schön propõe que o *practicum* não se constitua no início da carreira de formação profissional mas no meio dela como formação continuada. Lüdke (1995), igualmente, vê uma possibilidade maior de pensar a formação continuada de professores, centrada na investigação de sua própria prática educativa com vistas à produção de sua profissão de professor, conforme analisa Nóvoa (1992), e com vistas à produção conjunta do saber escolar, junto aos seus alunos, referenciado ao conhecimento e prática social em voga ou em mudança, do que na formação inicial dos professores em seus cursos de magistério e licenciaturas. Pessoalmente, penso, que as práticas dos professores nas escolas dependem das práticas em sua formação inicial. Ou seja, se defendemos que os professores devem atuar como pesquisadores em sua ação docente, porque diante de situações práticas complexas que exigem a produção de saberes e conhecimentos na ação, a prática da pesquisa deve estar presente, também, na formação inicial.

Parece claro que a investigação da própria atividade educativa, por parte dos professores, como forma de mudança da sala de aula, superando, principalmente, a prática corrente de professor repetidor de conteúdos escolares que não servem para nada porque não dão acesso real ao conhecimento e à cultura humana - função primeira da escola - é defensável como princípio. É preciso mostrar como isso funciona na prática e, para isso, temos de produzir a mudança da sala de aula, da prática do professor, das interações que se produzem na aula, etc., com propostas

concretas de trabalho. A investigação da própria prática profissional não é algo comum, ao menos no meio escolar. Essa prática precisa ser criada e isto é um desafio! Conjuntamente é preciso ampliar o conceito de pesquisa, algo também defendido por Menga Lüdke (1995), deixando-o mais amplo e flexível, sob pena de invalidarmos qualquer tentativa de produzir essa prática pelos professores em suas aulas. Dentro de um esquema da racionalidade técnica e da epistemologia da prática vigentes, uma pesquisa assim não se pode constituir, pois o professor ficaria condicionado a testar teorias e técnicas que são concebidas para situações ideais controladas e controláveis, e que não existem em sua sala de aula e nem na escola. As situações da prática educativa são únicas, com incertezas e com conflitos de valores, às quais não se aplicam as soluções técnicas recomendadas a partir da pesquisa com base no positivismo. Estas só servem para casos ideais e abstratos, portanto, não servem aos professores. Criar a profissão de professor significa criar o contexto no qual atua como profissional, conforme Nóvoa (1992), adotando o conceito de "conversação reflexiva" com a situação, moldando-a conforme o seu pensamento e estando atento aos "retruques" que a situação vai dar ao se atuar sobre ela.

Como a concepção/representação de ciência, também a concepção/ representação de pesquisa é constituída no ambiente acadêmico e ambas carecem ser reconstruídas através da prática e da reflexão para torná-las úteis para os professores e alunos. O próximo item é dedicado à reflexão sobre a produção da ciência e sua relação com a sala de aula.

1.4 - *Os caminhos da produção da ciência e sua criação/recriação na sala de aula através da ação docente*

Em diversas ocasiões fiz a seguinte pergunta a grupos de estudantes: *O que é a química para você?* Os estudantes a quem me dirigia já estavam no final de sua formação de 2º grau ou em semestres iniciais de 3º grau. As respostas não fugiam muito do senso comum: *"química é tudo"; "química está em tudo"; "química é uma matéria que trata de átomos e moléculas"; "química se preocupa com as transformações na matéria"*, etc. A uma outra pergunta: *o que é átomo?,* obtinha respostas mais restritas ainda, geralmente do tipo: *"é a menor partícula da matéria"; "é um conjunto de prótons, nêutrons e elétrons"; "é uma estrutura que tem um núcleo central positivo e uma camada externa de elétrons"*, etc. Às vezes recebia

como resposta apenas um gesto em que o aluno "traçava" um círculo no ar e "marcava" um ponto no centro desse círculo para indicar a sua concepção de átomo, ou seja, um círculo (a eletrosfera) e um ponto (o núcleo).

Dentro do presente trabalho de pesquisa, junto às professoras de química da escola, solicitei que cada uma escrevesse um breve texto sobre a seguinte questão: *O que é para você a química?*

As respostas obtidas foram as seguintes:

Sara: "Para mim a química é uma ciência que procura dar explicações para tudo o que acontece no mundo em termos de fenômenos, no meu organismo, etc, enfim que me permite entender o meu cotidiano, a vida enfim. Tudo o que acontece ao meu redor eu consigo ver algo relacionado à química e tento passar isto para meus alunos.

Entendo também que é uma ciência sempre em evolução, cada vez descobrindo coisas novas, explicações novas e daí o meu interesse em aprender e ensinar."

Ângela: "Mostrar que química é uma ciência não exata, que sofre evolução, portanto sempre passa por transformações e reinterpretações de conceitos, durante as épocas, tentando reexplicar os fatos e fatores do cotidiano e também do mundo atual.

Construção do conhecimento - interpretação e reinterpretação de fatos experimentais, observações, tentando explicar estas observações; evolução das idéias."

Ida: "Química é o estudo das transformações dos materiais como a partir de um determinado material obter outro. Os fatores que estão relacionados com estas transformações. O próprio estudo dos diversos materiais existentes. Ver o que há de "escondido" dentro destes conhecimentos. Desvendamento de certos mistérios. Conhecimento das estruturas dos materiais. É uma ciência desenvolvida sempre para fins "utilitários", corantes."

Graça: "É uma ciência que estuda as transformações e materiais da natureza. Nos faz entender e interpretar fatos do nosso dia a dia."

Partindo destes pequenos textos das professoras e de convicções pessoais já elaboradas, produzi um pequeno texto que visava a encaminhar a ***questão epistemológica*** como uma questão central na formação continuada dos professores. Com isto estava delineando a minha possível hipótese de trabalho: **a mudança**

pedagógica exige uma compreensão sólida da natureza do que se deseja ensinar; os professores não abririam mão do que estavam fazendo enquanto acreditassem que a ciência química é um conjunto de verdades, descobertas por cientistas químicos, e que saber química é memorizar e saber repetir essas verdades ou parte delas.

O texto, então produzido, foi o seguinte:

No encontro anterior foi solicitado que cada professor respondesse, por escrito, de forma rápida e sucinta, à seguinte pergunta: **"O que é, para você, a Química?"**

A pergunta foi proposta com a finalidade de começarmos uma reflexão mais sistemática sobre conhecimento e a forma de se produzir um conhecimento válido e, mesmo, como se dá o conhecimento nos indivíduos. Podemos chamar a isto de reflexões epistemológicas.

Para todos os componentes do grupo, a química é uma ciência. Isto não surpreende, pois esta matéria faz parte do grupo de disciplinas da área, comumente, chamada científica.

A nossa reflexão deve iniciar exatamente sobre esta palavra, ou melhor, sobre este conceito CIÊNCIA.

Certamente não pensamos todos a mesma coisa quando se fala em ciência! Entre a população há uma crença difundida de que ciência é algo que acerta sempre ou que é verdade o que em nome dela se diz. Esta crença é, inclusive, usada para divulgar produtos tecnológicos, muito bem explorada pela mídia, pela imagem de um cientista, que é quem faz a ciência, para dar credibilidade ao produto Também no meio intelectualizado há esta convicção de que se "é científico, é verdadeiro". Muitas vezes acaba-se uma discussão, esgotados os argumentos, com a seguinte frase: "Isto foi cientificamente comprovado!"

Temos de analisar um pouco melhor este *status* da ciência!

O único acordo entre filósofos, epistemólogos, psicólogos, etc, é que ciência, o conhecimento representativo, é uma atividade essencialmente humana. Procura-se, através dela, uma correspondência entre a realidade externa (objeto) e a representação que fazemos dela (ação do sujeito). Mas a relação sujeito/objeto já causa toda uma divergência de princípios e de enfoques, cuja discussão produziu as grandes linhas epistemológicas e que influenciam a nossa visão de ciência. Podemos até não ter consciência desses enfoques epistemológicos mas, com certeza, estes estavam presentes em nossa formação, na forma como uma determinada ciência (por ex., a química) foi abordada e, ainda, está presente na forma como nós produzimos nossos materiais de ensino.

A discussão epistemológica, especialmente no Ocidente - herdeiro do pensamento grego - gira entre dois extremos onde, por um lado, há um predomínio

absoluto do objeto sobre o sujeito, como se a realidade impusesse suas características, a ela inerentes, ao sujeito cognoscente e, por outro lado, o sujeito cria, pela força de sua própria capacidade de pensar, as aparências do objeto e, mesmo, o próprio objeto ou a própria realidade externa. Estas posições extremas criaram duas grandes correntes epistemológicas, respectivamente, o positivismo e o idealismo. Há muitas posições intermediárias, aproximando-se mais de uma ou outra , e há uma nova corrente que visa a uma síntese, genericamente chamada corrente marxista. Nessa nova corrente o conhecimento não está no primado do objeto (a realidade) e nem do sujeito, mas na resolução da dualidade criada. Neste sentido o processo do conhecimento parte da experiência, da percepção dos sentidos, do concreto, etc, e as apreensões feitas sofrem elaborações e reconstruções nos sujeitos que, por sua vez, voltam à experiência com visão nova, menos ingênua. Nesse processo modifica-se tanto o objeto (a natureza) quanto o sujeito.

A nós interessa, principalmente, a relação das ciências da natureza com a questão epistemológica, pelo fato de atuarmos com o conhecimento da química, uma das ciências da natureza. Não podemos esquecer, no entanto, que temos uma função especial no complexo da produção do conhecimento químico. Somos professores de química, ou melhor, educadores químicos e, neste sentido, o nosso conhecimento é de natureza muito especial e específica. Mais que fazer "avançar" o conhecimento químico específico, temos o compromisso de recriá-lo em ambiente escolar e na mente das gerações jovens da humanidade. A nossa atuação é a de fazer circular a cultura já desenvolvida e, também, em constante mudança. Com isto o professor também deve estar familiarizado com as ciências humanas (da educação e ligadas a ela) e a questão epistemológica. Disto decorre a necessidade de discutir a forma como se dá a "assimilação" cultural nos indivíduos, tanto no âmbito das instituições quanto nos seus cotidianos. Vemos, assim, como é exigente de conhecimentos o exercício do magistério. Estamos exatamente apontando esta complexidade do ato pedagógico para romper com a visão simplista, e muito corrente, mesmo entre os professores da área científica, de que basta apresentar uma informação aos alunos e mandar que a repitam ou que basta escrever algumas definições na lousa e deixar que os alunos as coloquem em seus cadernos e respondam aos exercícios propostos conforme o modelo resolvido. Estas crenças, e outras que reforçam a simplicidade do ato de ensinar, existem no meio social e são reforçadas pelos próprios professores como dissemos acima. (Ver, ainda, Gallagher, 1989, p.49 a 52).

Em primeiro momento desejamos refletir como a visão epistemológica das ciências naturais pode estar afetando a nossa atividade em sala de aula.

Antes de mais nada não é fácil responder, com alguma certeza, o que seja ciência, embora seja com ela que estamos lidando. A. F. Chalmers escreveu um livro cujo título é: "O que é ciência, afinal?" (Chalmers, 1993), em que analisa as controvérsias que há sobre o que seja a ciência, a sua metodologia e os seus objetivos. Pela análise que faz, olhando principalmente o conhecimento em Física,

vê-se que não há uma palavra final sobre os fatos e fenômenos que ela procura explicar. As explicações mudam principalmente. Os cientistas sempre estão dispostos a rediscutir o que "já foi descoberto" e descrever e interpretar sob novos enfoques o que já era tido como conhecimento. Parece não haver explicação definitiva sobre nada que diz respeito a algo tão "objetivo" que é a natureza. Mais no final do livro Chalmers recoloca a pergunta: "o que é ciência, afinal?" e diz o seguinte:

"A estrutura de grande parte dos argumentos desse livro foi de desenvolver relatos do tipo de coisa que é a física e testá-los no confronto da física real. Diante desta consideração sugiro que a pergunta que constitui o título desse livro é enganosa e arrogante. Ela supõe que exista uma única categoria "ciência" e implica que várias áreas do conhecimento, a física, a biologia, a história, a sociologia e assim por diante se encaixam ou não nessa categoria. Não sei como se poderia estabelecer ou defender uma caracterização tão geral de ciência. Os filósofos não têm recursos que os habilitem a legislar a respeito dos critérios que precisam ser satisfeitos para que uma área do conhecimento seja considerada aceitável ou "científica" . Cada área do conhecimento pode ser analisada por aquilo que é. Ou seja, podemos investigar quais são os seus objetivos - que podem ser diferentes daquilo que geralmente se consideram ser seus objetivos - ou representá-los como tais, e podemos investigar os meios usados para conseguir estes objetivos e o grau de sucesso conseguido. Não se segue disso que nenhuma área do conhecimento possa ser criticada. Podemos tentar qualquer área do conhecimento criticando seus objetivos, criticando a propriedade dos métodos usados para atingir esses objetivos, confrontando-a com meios alternativos e superiores de atingir os mesmos objetivos e assim por diante. Desse ponto de vista não precisamos de uma categoria geral "ciência", em relação à qual alguma área do conhecimento pode ser aclamada como ciência ou difamada como não sendo ciência."(Chalmers, 1993, p.211).

Chalmers reconhece sua posição relativista quando fala da avaliação ou do julgamento das teorias científicas. Ele não vê critério absoluto de fazê-lo. Cada teoria deve ser julgada segundo os objetivos, os seus méritos e até onde pode alcançá-los. **"...não há uma categoria geral, "a ciência", e nenhum conceito de verdade à altura da tarefa de caracterizar a ciência como a busca da verdade".**(Chalmers, 1993, p.212). Mas a posição de Chalmers é claramente objetivista ou realista ao dizer que as **"teorias tratam de tentar lidar com algum aspecto do mundo"**(idem, p.214). O que Chalmers procura combater é o que chama de ideologia da ciência, no sentido de dar crédito a tudo o que se diz "ser científico" ou que foi obtido por "método científico". Diz textualmente: **"As categorias gerais de ciências e de método científico são usadas também para excluir ou suprimir áreas de estudo"** (ibidem, p.215).

É por isso que precisamos analisar o que está atrás das intenções de uma teoria, os objetivos que procura atingir e os objetivos pelos quais se adota uma tal teoria. O que podemos defender é a reconstrução coletiva do que seja ciência e do que seja científico e, assim, ela possa servir para que a sociedade seja mais justa e os bens culturais desenvolvidos pela ciência estejam mais equitativamente disponíveis.

Gaston Bachelard é outro estudioso da epistemologia científica, e que merece ser ouvido pelo nosso grupo. Como nós, ele foi professor/educador de química e é considerado um grande pensador sobre o caráter e a especificidade da ciência atual. Para Bachelard, os fenômenos e suas descrições estão apenas sujeitos ao ocasionalismo dos conhecimentos. É necessário romper com a tendência de aceitar as evidências primeiras e buscar pela reflexão a clareza não aparente atrás dos fenômenos. Pela reflexão pode-se buscar o conhecimento e uma ciência que **"traz a marca da atividade humana, da atividade refletida, diligente, normatizante"**(Bachelard, 1983, p. 28).

Gaston Bachelard defende uma posição racionalista, e que é totalmente contrária à posição empirista, a das evidências sujeitas apenas aos sentidos, tão freqüente entre os professores da área científica (OLIVEIRA, 1990) . Prevalecem entre estes as posições e orientações epistemológicas ligadas ao senso comum. Nesta linha de pensamento, os professores acabam tendo uma idéia de ciência ingênua, com a tentativa de transmissão de verdades científicas definitivas e neutras e apresentam o mundo, tal como é hoje, como tendo de ser exatamente assim. Há que romper um pensamento tão ingênuo e, ao mesmo tempo, tão hegemônico, para se conseguir uma visão epistemológica mais conseqüente e mais coerente com as novas necessidades das pessoas, segundo uma lógica entre o que o conhecimento científico já pode realizar e aquilo que realmente é bom para o equilíbrio da vida no globo terrestre, o equilíbrio entre as nações e nas comunidades.

Transcrevo aqui a conclusão do artigo do professor Renato José de Oliveira, da Escola Técnica Federal de Química do Rio de Janeiro, para mostrar como uma visão epistemológica influencia a nossa ação docente. Esta conclusão também vai encerrar esta nossa reflexão a qual será retomada em outros textos.

"Os resultados obtidos nos indicaram o quanto as conceitualizações ligadas à ciência tradicional (sobretudo no campo realista) norteiam o trabalho docente. Por serem típicas do senso comum, as filosofias realistas pertencem também à bagagem cultural do aluno, não podendo, portanto, ser ignoradas pelos professores. A perspectiva não deve ser "zerar intelectualmente o aprendiz", mas ter como estratégia pedagógica levá-lo a superar as fortes convicções oriundas do conhecimento aparente do real.

Se queremos efetivamente ensinar ciência, temos de ensinar o estudante a pensar de formas diferentes. Não se trata de encaixar a realidade no arcabouço limitado do conhecimento comum, pois não é a ciência que

precisa adaptar-se ao aprendiz. Ao contrário, este é quem deverá se desenvolver para dela se apropriar devidamente. Ao educador cabe a fascinante tarefa de fornecer aos jovens espíritos os instrumentos capazes de consolidar tal apropriação. E cabe fazê-lo não de forma dogmática ou impositiva. As aulas de Química e de Física jamais podem ser transformadas em atividades monologadas, nas quais o professor expõe as verdades e os alunos aquiescem passivamente.

É justamente quando manifesta as perplexidades, as dúvidas e mesmo o desconforto frente às novidades debatidas que o estudante está de fato se educando. Afinal, não é sem algum pesar que se abandona a comodidade propiciada pelas evidências do senso comum. Entretanto, ao adotar um discurso imposto, mesmo tendo por perspectiva passar com correção os conteúdos, o professor não logrará êxito algum. É preciso aprender com o aluno, buscando antes de tudo compreender as razões da sua incompreensão.

Se as aulas de Química e Física se tornarem espaços abertos ao diálogo - contrariando o tabu de que na atividade científica não há lugar para argumentação, mas tão somente para as demonstrações objetivas - estaremos caminhando no sentido de romper com o marasmo instalado no ensino secundário de ciências. Só assim será possível dar o salto de qualidade, substituindo a prática mnemônica e repetidora pelo raciocínio crítico, fundamental para o sucesso de todo e qualquer processo educativo"
(Oliveira, 1990, p14)

Se é difícil definir o que seja **ciência,** ou colocar sob uma única definição tudo o que se faz com o nome de ciência, mais difícil ainda é definir e delimitar o que seja a ciência química. Há um sentido mais estável ou dicionarizado do que seja **química**, como, por exemplo: **"ciência em que se estuda a estrutura das substâncias, correlacionando-a com as propriedades macroscópicas, e se investigam as transformações destas substâncias".**[14] Esta é uma definição mais de acordo com os objetivos deste campo da atividade humana, conforme Chagas (1989). Há outras possibilidades de ver a química diz Chagas (1989). Uma delas é a visão da ciência química de forma mais operacional, como a atividade que o químico faz: **"Química é tudo aquilo que o químico faz e como ele faz".**(Chagas, 1898 :14). Com essa definição, Chagas vê a química como conhecimento que se obtém de um certo modo: **"... fazer química não é apenas estudar certas coisas, mas um modo de estudar estas coisas"** (Chagas, 1989 :14). A atividade do químico se caracteriza por dois aspectos complementares, conforme Chagas, sendo um de cunho prático, que envolve

[14] Definição segundo Novo Dicionário Aurélio.

uma maneira especial de lidar com a matéria, e outro de cunho mais teórico, com a preocupação maior *de pensar sobre os fatos observáveis em termos de esquemas e modelos* representativos. Isto é penetrar e assumir todo um mundo simbólico criado pela humanidade para pensar "quimicamente" sobre o mundo, as coisas e o próprio homem. É ciência química aquilo que o é na comunidade científica dos químicos, e ela se torna uma maneira de ver as coisas dentro dela (Driver et al., 1995). O "mundo simbólico", as entidades teóricas próprias da química ou seus "objetos teóricos" (Matthews, 1994b), próprios para aprender e fazer o que chamamos química, são conquistas culturais da humanidade às quais só se consegue acesso através das formas e instituições sociais de criação/recriação cultural e que são, na essência, as instituições de ensino. As duas atividades, a empírica ou prática e a teórica, são interligadas e complementares, conforme Chagas (1989), e executadas simultaneamente. Disto resulta uma dificuldade especial para falar de química e, conseqüentemente, para ensiná-la:

> **"O sucesso da química (e do químico) está em saber utilizar e dosar estes dois aspectos (...) uma vez que ambos devem ser abordados e o aspecto prático necessita realmente ser praticado o que, por incrível que pareça, muitas vezes não ocorre."** (Chagas, 1989 :15).

Nos programas de ensino de química de nossas escolas de ensino médio, o aspecto prático é quase sempre esquecido, o mesmo ocorrendo com os livros didáticos mais utilizados (Schnetzler, 1981). Isto já torna incompleta a formação em química junto às novas gerações, desde a saída, além de dar uma visão distorcida dessa área do conhecimento humano. Há muitas razões para que se defenda um bom ensino de química, e explicitar estas razões foi uma das preocupações do grupo de professores, sujeitos da presente pesquisa:

> **"Há muitas razões para desejarmos uma boa aprendizagem química por parte das pessoas em geral. Chassot (1993), por exemplo, chama a atenção para a diferente leitura do mundo possibilitada às pessoas pelo conhecimento químico. Essa visão mais ampla permite que os indivíduos integrem-se à sociedade de forma mais ativa e consciente. Com o conhecimento químico à sua disposição, cada indivíduo atua de forma específica sobre a natureza, modificando-a e modificando-se, segundo as teses do pensamento dialético. Graças às interações e desenvolvimentos tornados possíveis pelo conhecimento químico, a natureza hoje se apresenta ao homem com feições muito diferentes. O próprio**

> **homem também já não é o mesmo depois do contato [com os novos bens e produtos tornados possíveis com o conhecimento químico e de experimentar] sensações, antes impossíveis."** (Maldaner & Piedade, 1995 :15).

Mais adiante, no artigo citado, procuramos dar a nossa versão sobre a abordagem que se devia dar à química ensinada na escola:

> **"... o cerne da ciência química é perceber, saber falar sobre e interpretar as transformações químicas da matéria (ou das substâncias) causadas pelo favorecimento de novas interações entre as partículas constituintes da matéria, nas mais diversas situações".** (Maldaner & Piedade, 1995 :15).

Os modelos teóricos da química, identificados como átomos, moléculas, íons, equações químicas, prótons, elétrons, nêutrons, etc., são criações humanas, próprias da ciência química, cujo entendimento não pode ser buscado empiricamente pelo esforço pessoal dos indivíduos. O acesso a essas criações culturais é possível através da mediação didático-pedagógica que, de uma forma ou outra, deverá ser proporcionada a todos os membros de uma sociedade que se propõe a ser democrática. *Aprender a química, e qualquer outra ciência, é ser iniciado nas idéias e nas práticas correntes da comunidade, o que deverá ser feito em nível individual de seus membros, mediado pelos educadores* (Driver et al, 1995). No caso da prática educativa em química, o esforço da mediação deverá caminhar no sentido dos alunos conseguirem dar explicações para transformações da matéria, e sua relação com a energia, em termos de partículas constituintes e suas interações. Se isto não acontecer, ou seja, se os alunos mantiverem a idéia de *continuidade* na constituição da matéria, ou apenas assumirem a idéia de *partículas estáticas,* com todos os espaços preenchidos entre elas, ou outras explicações fora dos modelos teóricos da química - os modelos moleculares - eles não entenderam a química moderna (Nakhleh, 1992). Para isso é necessário romper com a idéia positivista, sempre presente no meio educacional, principalmente no âmbito da educação científica, de que o conhecimento científico consiste na descrição positiva dos fenômenos da natureza, e que esta descrição é objetiva e independente das crenças de quem a faz. Estudiosos das mudanças científicas (Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Toulmin, Chalmers, Popper, Matthews, e outros) já mostraram que não há observação neutra dos fenômenos e que modelos teóricos de explicação como *moléculas, átomos, funções de onda, elétrons, pêndulo de Galileu, etc.,* são criações humanas teóricas que não vieram das

observações e medições cuidadosas, como queriam os positivistas. Se quiséssemos partir de medidas feitas com cuidado, não teríamos o enunciado de Galileu sobre o pêndulo em oscilação isocrônica (Matthews, 1994b). O mesmo poderíamos dizer sobre as criações teóricas da química, como átomos, elétrons, íons, interações entre as partículas, etc. Ou seja, se quiséssemos "ver" os átomos, fazer medidas sobre eles, descrevê-los positivamente, etc., não teria sido possível o progresso químico dos últimos 200 anos.

> **"... as observações não podem ser tão objetivas, mas estão impregnadas pelo referencial teórico do cientista. Uma das grandes falhas do positivismo é a idéia de que o conhecimento existe sem a interação de um ser cognoscente. Em outras palavras, o conhecimento [para o positivismo] existe para além do cientista que, através de suas investigações objetivas, descobre as leis, teorias e princípios de nossa realidade."** (Níaz, 1994 : 97-8).

Grande parte dos professores de ciências, como vimos, acreditam em uma ciência embutida na natureza, que existe independente de uma pessoa cognoscente, e que cabe aos cientistas "descobrir" ou "desvelar". Para eles, as leis científicas, as teorias, estão como que "estocadas" na natureza ou "escondidas" atrás dos fenômenos, e que estão aí para serem descobertas mais e mais. Dificilmente um professor de ciências ou de matemática fala de sua matéria como um sistema coerente de conceitos e concepções que foi "criado" pela cultura humana para poder explicar, de uma certa maneira, as coisas e os fenômenos. A imagem que eles têm de ciência é a de uma aproximação progressiva a uma verdade pré-existente à qual se chegará, mais cedo ou mais tarde, através da observação e de medidas sempre mais rigorosas. Esta é ainda uma forma aristotélica de ver o conhecimento: *há um mundo externo a nós e que forma substâncias individuais que se agrupam em classes e espécies conforme essências e formas; conhecer é conhecer a essência ou a natureza* (Matthews, 1994a). Por isso é sempre apontada a **observação cuidadosa**, o treinamento para a observação, como parte mais importante do trabalho científico. É como se as *qualidades* dos objetos reais pudessem ser imprimidas na mente dos indivíduos que querem conhecer, sem mediação de outra pessoa para não "contaminar" ou influenciar a observação e a conseqüente indução para uma forma universal do real.

> **"A observação, a visão e a contemplação eram os elementos-chave na parte do sujeito da equação epistemológica de Aristóteles,**

> **enquanto na parte do objeto o elemento-chave era a natureza não perturbada. O conhecimento se obtinha quando a parte do sujeito refletia com precisão absoluta a parte do objeto. A máxima epistemológica de Aristóteles era*: dizer do que é que é, e do que não é que não é, é verdadeiro.* Com os escolásticos isto se converteu na doutrina de que a verdade é a adequação (ou correspondência) das coisas e o intelecto"** (Matthews, 1994a :82-3).

Em crítica aos pressupostos construtivistas, Matthews (1994a) diz que o construtivismo também aceita a mesma epistemologia aristotélica-empirista quando dá ênfase ao *ver e observar* segundo *óculos conceituais* específicos e próprios, ou *enxergar* segundo teorias específicas do sujeito. Mas, ao mesmo tempo, há o pressuposto primeiro do construtivismo moderno que vê o indivíduo ativo e construtor próprio do conhecimento, o que o diferencia totalmente da epistemologia aristotélica, podendo levá-lo a posições relativistas ou idealistas. Mas o fato de aceitar a metáfora *de olhar através de uma lente,* o construtivismo assinala o compromisso com uma teoria empirista de conhecimento. A outra crítica que Matthews faz ao construtivismo é o fato de este assumir **"a *correspondência* entre as idéias e a realidade como o *sine qua non* do conhecimento"** (Matthews, 1994a :85). E esta é a questão epistemológica mais problemática pois, coloca a questão de forma tal que há um *sujeito* que observa *objetos* de um mundo real, externo ao sujeito. Colocado dessa forma, as filosofias do conhecimento oscilaram entre o empirismo-realista e o idealismo absoluto, e não conseguiram resolver a questão da *verdade*, mesmo quando, como Piaget, por exemplo, assumiram uma interação entre sujeito e objeto.

Matthews vê avanço epistemológico na proposta construtivista quando esta *ressalta os aspectos inventivos, humanos, dependentes da cultura e da história, da criação dos objetos teóricos da ciência.*(Matthews, 1994a :85). Mas, segundo este autor, esta é uma criação pessoal, tipo Robinson Crusoé, de construção do conhecimento e que esquece as dimensões sociais e comunitárias da cognição. A criação teórica ou a produção teórica é sempre circunstanciada e, assim, como a produção material, depende:

> **"das matérias primas (palavras, conceitos, linguagem, fórmulas), dos meios de produção (sistemas matemáticos, lógica, dispositivos para a computação, instrumentos), das relações produtivas (formas em que a ciência se organiza e financia, posse da propriedade intelectual, disposições educacionais) e, finalmente, do contexto social e legal da atividade produtiva (forças religiosas, pressões**

econômicas, valores culturais). O conhecimento é uma forma de produção teórica e pode ser analisado como tal com proveito" (Matthews, 1994a :85).

O dilema construtivista, pela base empirista de sua epistemologia e a colocação da problemática epistemológica na relação sujeito que observa objetos, é não distinguir os *objetos teóricos e as idealizações da ciência* dos objetos reais da ciência, alerta Matthews. As criações científicas são reais e podem ser apreendidas e aprendidas como uma realidade criada, mas não podem ser confundidas com os objetos reais da ciência. Assim, *substância pura, átomos, moléculas, íons, elétrons,*etc., têm existência real em um campo conceitual, em um sistema conceitual, que chamamos química. Mas esses conceitos não são os objetos concretos, e sim objetos teóricos que permitem construir conhecimento intelectual sobre os objetos concretos. Pode-se produzir sempre mais conhecimento pensando na interação entre as partículas moleculares como constituintes dos materiais concretos, descrevendo-os, analisando-os, modificando-os. Ou seja, o conhecimento é sobre o mundo concreto, refere-se a ele, o modifica e o cria e recria, num processo de produção intelectual mediado por objetos teóricos ou entidades teóricas. Não importa que nunca se possa obter uma *substância pura* na prática, o que importa é que as substâncias concretas serão mais puras ou menos puras de acordo com a aproximação que possamos fazer à entidade teórica criada. A atividade experimental da química, como de qualquer ciência, é aproximar os objetos concretos das descrições teóricas criadas, produzindo idealizações e, com isso, produzindo sempre mais conhecimento sobre esses objetos e, dialeticamente, produzindo melhor matéria prima, melhores meios de produção teórica, novas relações produtivas e novos contextos sociais e legais da atividade produtiva intelectual.

Penso que os professores de química, e de outras ciências da natureza, assumem uma posição aristotélica-empirista, e mesmo positivista ou outra mais complexa e confusa, de forma tácita, influenciados pelo entorno escolar e acadêmico pois, geralmente, as reflexões epistemológicas não fazem parte da formação dos nossos professores. Isto foi constatado, também, em recente estudo sobre as idéias dos professores a respeito da 'natureza da ciência', realizado na Inglaterra (Lakin & Wellington, 1994). Segundo esse estudo, havia uma coisa comum em todos os professores de ciências pesquisados: **"a falta de reflexão sobre a natureza da ciência e a sensação de insegurança [para tratar disto em seus programas] tingida com traços de elitismo"**. Nestas circunstâncias, acabam prevalecendo as

práticas não refletidas dos professores em toda a sua formação escolar e acadêmica, e que se perpetuarão na vida profissional. A imagem de ciência que prevalece em sua formação, pelo contato com os professores e pesquisadores universitários da área científica, é aquela que vê correspondência entre o mundo concreto e os enunciados que se fazem sobre ele. E mais, os enunciados foram produzidos e confirmados a partir dos dados empíricos. Esta posição é paradoxal pois, enquanto trabalham sobre as conquistas da ciência moderna, usando os conceitos produzidos por ela e discorrendo sobre o progresso do conhecimento científico moderno, não conseguem perceber a ruptura epistemológica que ocorreu, com Galileu e Newton, e que marca o início da ciência moderna. É não ter percebido que há uma realidade produzida em processo intelectual e que é denominada química, conhecimento químico sobre a natureza. O ensino de química teria que ter a preocupação de permitir o acesso dos indivíduos a essa realidade produzida, a esse real produzido, pela compreensão do sistema conceitual e pela familiarização das técnicas, procedimentos e normas que caracterizam o que chamamos ciência química e atividade química. Ou seja, há uma realidade criada, *um domínio científico extra-individual,* conforme Matthews, e a ela deve ser proporcionado o acesso pela mediação do ensino. O desenvolvimento do pensamento dos indivíduos será mediado, por sua vez, pelos objetos teóricos, expressos em palavras, conceitos, instrumentos, relações sociais, etc., e cuja significação inicial foi mediada pelo meio social, conforme Vygotsky (1987, 1988). Cabe ao ensino, dentro das instituições sociais específicas, fazer a mediação intencional, para que um sistema conceitual coerente se constitua em cada indivíduo, dentro da concepção da ciência moderna, que é a conquista cultural mais sensacional dos últimos 200 anos e que modificou, profundamente, a natureza, os homens e as relações entre os homens e com a natureza. Há nisso uma clara opção para o tipo de desenvolvimento mental que cabe às escolas promover junto aos alunos: *promover os instrumentos mediadores que os aprendizes deverão usar para internalizar as formas de pensamento próprios do mundo científico e tecnológico no qual estão inseridos de fato. Só assim poderão desenvolver-se em nível tal que possam participar na definição dos rumos que a ciência deverá tomar e, desta forma, tornar-se instrumento de libertação de toda a humanidade e não apenas de uma parte privilegiada dela.* Com isto não estamos afirmando que o pensamento científico ou o pensamento abstrato e descontextualizado seja superior a outras formas (sempre mediadas) de pensar e agir, estamos proporcionando o contato com os instrumentos culturais

próprios de uma sociedade científica. Esses instrumentos culturais passam a ser centrais ao pensamento humano em tal cultura e por eles os adolescentes internalizam conhecimento e exercitam a sua própria inteligência.

Ao não compreenderem a natureza do conhecimento científico e a natureza da ciência química moderna, além de não permitir a internalização desses instrumentos psicológicos e, assim, o desenvolvimento mental de seus alunos, muitos professores acabam cedendo às expectativas do senso comum dos alunos sobre essa matéria, que concebe a química como fenômeno espetacular, com explosões multicoloridas, borbulhamentos de líquidos em vidros estranhos, magia de transformações espetaculares e inexplicáveis, etc. Estas idéias são reforçadas pela *mídia*, pelos filmes de ficção, pela divulgação de certas práticas alquimistas, jogadas na imaginação das pessoas fora do contexto em que elas se deram. Além disso, os alunos esperam receber sempre respostas exatas e verdadeiras às questões levantadas por terem essa concepção de ciência, igualmente formada no senso comum e não problematizada. Os professores de química, de forma geral, também participam dessas crenças por estarem no mesmo ambiente social e acabam adquirindo outras crenças, e não razões, em sua formação específica. O resultado disso é um conjunto assistemático e desordenado de conhecimentos. Bachelard diz que, *sem uma ordem de razões, os fatos ficam entregues ao empirismo da memória e que do ensinamento científico da escola sempre retemos apenas os fatos e não as razões que poderiam deixar esses fatos ordenados e sistemáticos, isto é, científicos.* (Bachelard, 1983). As razões não podem ser ensinadas sem termos uma concepção clara de ciências, hoje a concepção de ciência moderna. Como essa concepção, de forma geral, não foi mediada intencionalmente na formação dos professores de química, as aulas acabam sendo um conjunto de conceitos e de fatos, onde um não tem nada a ver com o outro. Há a reação química que não tem a ver com a equação química, as ligações químicas que não têm a ver com as interações entre as substâncias nas reações, as teorias atômicas que não têm nada a ver com os fatos químicos estudados, etc.

Há muitas tentativas e recomendações de se introduzir itens que contemplem história e filosofia da ciência, natureza do conhecimento científico, ciência tecnologia e sociedade e outros, nos programas de ciências das escolas ou nos currículos da área científica (ver, por exemplo, Matthews, 1994a, 1994b; Lakin & Wellington, 1994; Carvalho & Gil-Pérez; Luffiego et al., 1994). São louváveis essas recomendações e tentativas, mas elas não funcionam na prática porque não fazem parte do

conhecimento dos professores da área científica e, principalmente, não fazem parte das crenças e práticas desses professores (Briscoe, 1991; Lakin & Wellington, 1994). Temos aí uma necessidade sentida, diagnosticada corretamente, no meu modo de ver, e uma carência de resultados na prática dos professores nos casos estudados.

O conceito de *epistemologia,* que achamos necessário seja trabalhado junto aos professores de química, vai além da preocupação clássica da relação *sujeito/objeto* na aquisição do conhecimento, de considerar a *epistemologia* como método de aquisição de conhecimento químico e dos fundamentos sobre os quais ele se assenta. O conhecimento químico produzido, como sistema conceitual coerente e poderoso de agir sobre o mundo concreto para modificá-lo e recriá-lo, modificou de tal forma a natureza, o homem e as relações que estabelecem entre eles, que é importante que se analise a epistemologia na perspectiva da sociedade mais do que na perspectiva da comunidade científica (Solomon et al., 1994).

> **"A mensagem importante para a educação é que não somente a prática e a lógica do método direcionam a construção do conhecimento mas, também, sua sociologia e sua psicologia"** (Solomon et al., 1994 :362).

Com isso queremos dizer que a questão epistemológica é mais importante do que uma preocupação apenas interna da comunidade científica. O conhecimento produzido, pelo componente tecnológico que sempre o acompanha, afeta a todas as pessoas, por isso o processo de validação de um conhecimento produzido, e seu desdobramento tecnológico, precisa incorporar os elementos sociológicos e psicológicos em seu processo. Isto traz, também, vantagens para a ciência da educação, segundo Solomon et al. (1994) porque permite um tratamento mais vivencial e humano das imagens que as crianças acabam recebendo, pela *mídia*, do cientista e de sua atividade de produção do conhecimento científico, proporcionando uma concepção de *ciência, cientista e atividade científica* como qualquer outra ação humana, e que as pessoas executam, quando preparadas para tal, como atividade profissional normal. Isto engloba interesses, contradições, incertezas, conflitos, frustrações, resultados positivos e negativos, etc.

A prática corrente dos professores de química de nossas escolas de ensino médio é seguir uma seqüência convencionada de conteúdos de química, sem preocupação com as interrelações que se estabelecem entre esses conteúdos e, muito menos, com questões mais amplas da sociedade. O programa acaba sendo um conjunto de fatos, princípios e teorias, desconexos entre si, como vimos

anteriormente. Mas esta é a prática, e ela contém crenças sobre o que é a matéria, o aluno, o professor, o ensino e a aprendizagem. Sobre isso temos de agir e refletir conjuntamente para, assim, permitir que se criem alternativas inovadoras de ação dos professores. Está provado, pela pesquisa educacional presente, de que os professores não vão seguir recomendações externas para introduzir, em suas aulas, por exemplo, elementos de história da química, ou de ciência, tecnologia e sociedade, discussões sobre a natureza da ciência química, epistemologia química, filosofia da ciência, etc. Primeiro porque não conhecem esses assuntos, pois não lhes foram ensinados e não fizeram parte de sua formação escolar e acadêmica. Segundo porque não fazem parte de suas crenças. Entregar novos "currículos" de química para os professores, produzidos por especialistas e que contemplassem esses elementos, também não resolveria, porque eles seriam adaptados, geralmente de forma tácita, conforme as crenças e práticas que os professores já possuem (Briscoe, 1991).

Há pelo mundo dezenas de formas de trabalhos diferentes de pensar a formação continuada de professores das quais participam milhares de professores, a cada ano, num esforço de auto-aperfeiçoamento e desenvolvimento profissional louváveis. Há, praticamente, consenso entre os educadores, envolvidos com formação de professores, de que é necessário criar sempre mais oportunidades de aperfeiçoamento dos professores e que a formação continuada é uma necessidade intrínseca à prática pedagógica, sempre mais complexa e de nível crescente de exigência de conhecimentos. Os recursos alocados para essa prática já são consideráveis e crescentes e, também, envolvem a formação inicial de professores. Mas os resultados de tanto esforço, ainda, não satisfazem os pesquisadores educacionais, ao menos se forem verificados em nível de salas de aula da educação fundamental e da educação média. (ver, por exemplo, Briscoe; 1991; Hatton & Smith, 1995). Outro consenso que está se formando é a de que os cursos tradicionais, tipo cursos rápidos de 30-40 horas, muito praticados no Brasil (Bermúdez Robles et al., 1994) ou os cursos de verão muito praticados nos EUA (Briscoe, 1991), não conseguem responder às exigências formativas para a mudança da prática em sala de aula. Nesses cursos, os professores são tratados sempre como 'consumidores' de 'produtos' desenvolvidos por entidades separadas: *pesquisa, desenvolvimento; disseminação e implementação* (Briscoe, 1991). Na formação inicial de professores, os cursos produzidos com a finalidade específica de provocar novas crenças sobre *ensino, aprendizagem e natureza da ciência,* também se mostraram insuficientes para

mudar crenças anteriores formadas na vivência escolar e acadêmica (Gustafson & Rowell, 1995). O tempo destinado a esse tipo de cursos permitia que os estudantes se tornassem mais cientes de suas idéias, levassem em conta as novas idéias veiculadas sobre ensino, ciência, aprendizagem, mas não davam conta da reconstrução/ integração dessas idéias em um esquema conceitual.

Muitas tentativas ainda serão feitas no campo da formação de professores e, especialmente, na formação de professores da área científica, sempre mais aberta a inovações pela importância que ela tem, sob o ponto de vista das administrações públicas, para a formação dos cidadãos e dos "cientistas". É, também, a área científica, a que apresenta os maiores problemas em termos de eficiência escolar (aprendizagem deficiente, ensino tradicional, reprovação dos alunos, distanciamento da realidade social, etc.), sempre de acordo com as administrações oficiais que aprovam os projetos e provêem os recursos para a implementação de melhorias de ensino na área científica (ciências naturais e matemática). No Brasil temos o SPEC (Sub-Programa Educação para a Ciência), que já dura dez anos e tem apoio de organismos internacionais de financiamento e acompanhamento.

Eu vejo como problemático todo o ensino brasileiro, tanto em nível dos recursos quanto em nível das práticas que os professores conseguem executar nas salas de aula. Com todas as limitações impostas pelo sistema educacional, em nível administrativo e de recursos, penso que há espaços para a implementação de melhorias, e que a ocupação desses espaços cabe aos educadores e professores.

Dos teóricos do cotidiano aprendemos que a escola é uma instância na qual podemos estudar as circunstâncias concretas de transformá-la. Porque localizada e datada, a escola é fruto de uma construção social na qual se encontram atores identificados, com histórias de vida e vontades próprias. Permite que aí se façam múltiplas leituras e se vejam entrelaçamentos de influências **"nas quais a vontade estatal abstrata pode ser assumida ou ignorada, mascarada ou recriada, em particular abrindo espaços variáveis a uma maior ou menor possibilidade hegemônica"** (Ezpeleta & Rockwell, 1986 :12). Ainda segundo Ezpeleta e Rockwell, há ao lado de uma visão tradicional de escola homogênea como aparelho de Estado, difusora de valores e vontades da classe dominante, uma escola cuja história não está documentada que é heterogênea, multifacetada, um cenário em que a cena é protagonizada por seus atores, sobre a qual não é possível o controle absoluto. A

presença estatal se faz sentir, mais pelas carências que produz do que pelo controle que exerce.

O trabalho de formação continuada de professores pode dar-se nesses meandros não controlados da escola, como olhar para o específico do trabalho do professor, buscando os significados que atribuem às suas aulas, aos programas de ensino, à natureza da ciência na qual acreditam, à interação com os alunos, etc. Essa observação ativa do pesquisador, na forma de uma pesquisa participada e pesquisa-ação, pode gerar novas significações, novas ações curriculares, novo ensino. Poder analisar a produção coletiva dos professores de química sobre o seu programa de ensino – mediada pela pesquisa e outros instrumentos teóricos da ciência química e pedagógica – detectar alguns indícios de mudança de suas práticas em aula, centrando a atenção em uma determinada escola, é acreditar na escola não determinada, homogênea, não totalmente colonizada. Há dentro dela o mundo vivido das pessoas que pode ser relevado. Essas pessoas escrevem a outra história da escola, a história do ensino de química.

CAPÍTULO II

-A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E A CRISE EPISTEMOLÓGICA- IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

II.1 - *Concepções de ciência e modelos pedagógicos*

Nas últimas décadas, tivemos vários modelos de ensino/aprendizagem que se tornaram mais ou menos hegemônicos, ao menos entre os pensadores educacionais. Estes modelos têm muito a ver com as concepções hegemônicas de ciência que estavam em vigor. Assim, se pensamos que a ciência produz um conhecimento válido sempre, e que este traduz a realidade objetiva externa, então, temos de transmitir este conhecimento usando todas as técnicas possíveis para que os alunos o assimilem. Se é verdade o que a ciência produz, então, é importante que esta verdade seja assumida por todos os indivíduos que passarem pela escola. Aliás, é para "beber" desta verdade que todos devem passar pela escola! Este modelo da transmissão/assimilação era hegemônico até os anos 50, aceito e difundido pela comunidade pedagógica como paradigma instalado e em torno do qual se produzia saber pedagógico. Santos & Praia (1992) chamam este paradigma de **aprendizagem por transmissão** (APT), tendo como referência a concepção de Kuhn (1978) sobre a produção científica. Sem negar as bases epistemológicas da ciência, mas insatisfeita com os resultados da aprendizagem dentro do paradigma pedagógico anterior, a comunidade ligada à didática da ciência começa a se entender sobre um novo modelo de ensino/aprendizagem em ciência a partir dos anos 60, e que foi bastante utilizado entre os professores de ciências no Ocidente, denominado por Santos e Praia de **aprendizagem por descoberta** (APD). Conhecido entre nós como *método da redescoberta*, foi bastante difundido entre os educadores da área científica através dos centros estaduais de ciências, com grande aporte de recursos em "treinamento" de professores e materiais de ensino, nas décadas de 60 e 70. A base epistemológica do modelo era empirista/indutivista e a base psicológica era behaviorista. Segundo Santos e Praia (1992), tais concepções de ciência e psicologia foram hegemônicas no Ocidente, e sustentaram o paradigma psicopedagógico da **aprendizagem por descoberta** durante mais de duas décadas.

O modelo psicopedagógico da aprendizagem por transmissão está, ainda, muito presente nas salas de aula concretas, constituindo-se em prática hegemônica na maior parte das escolas, embora no meio da pesquisa educacional ele seja sempre condenado. Nas faculdades de educação, geralmente responsáveis pelos cursos de pedagogia e pela formação pedagógica dos licenciandos dos diferentes cursos da área científica, o modelo da APT é, com certeza, negado como modelo eficaz de fazer educação. O mesmo não se pode dizer sobre os cursos da área científica (física, biologia, química, matemática, geologia...) nos quais a prática dos professores, ao menos de grande parte das disciplinas do currículo, continua sendo a perpetuação do modelo psicopedagógico da transmissão/recepção. Esta prática é mais forte e acaba prevalecendo na atuação profissional dos professores nas escolas. As bases epistemológicas de tal ciência "transmitida" dificilmente são discutidas e acabam se tornando tácitas e, mesmo, assumidas, como vimos anteriormente.

A aprendizagem por descoberta ou o método da redescoberta, embora muito divulgado nas décadas de 60 e 70, nunca foi hegemônico nas salas de aula concretas. Ele prevaleceu nos centros estaduais de ciências e, também, em orientações ou recomendações curriculares emanadas das secretarias de educação ou outros órgãos educacionais. Os professores não tinham a formação para adotá-lo e, muito menos, as condições materiais para fazê-lo aqui no Brasil. Na prática, aparecia nas feiras de ciências com os "trabalhos científicos" dos alunos, especificamente orientados e preparados para estes eventos. Nas salas de aula normais continuava o mesmo modelo de APT, até mesmo naquelas onde os livros didáticos derivados dos grandes projetos educacionais da década de 60 (CHEM'STUDY, por exemplo) eram utilizados. Sem compreender a base teórica de tais projetos e sem ter as condições materiais para executá-los, os professores acabavam "transmitindo" os princípios teóricos e os modelos de explicação sem a base experimental exigida para dar sentido a tais materiais de ensino. Chegou-se a produzir capítulo novo da matéria de química, descolada do contexto, como a "estrutura atômica" e que recebeu o nome de ***atomística*** e tornou-se, inclusive, nome de livro didático. Tratava, basicamente, da evolução da concepção atômica até chegar ao modelo de *átomo orbital ou modelo quântico de átomo*. O estudo deste modelo chegou a "consumir" 1/3 das aulas de química no segundo grau (Sauer, 1988). Essas aulas se davam e se dão por APT. Hoje, muitos professores de química não saberiam preencher este espaço, não saberiam o que dar em seu lugar, se lhes fosse solicitado tirar de seu programa esse assunto, conforme constatei em muitos encontros de professores de química. A

concepção epistemológica dos professores de uma ciência como conhecimento verdadeiro que, por isso, precisa ser assimilado pelos alunos, foi reforçada com esses projetos. As pesquisas junto aos professores confirmam isso, como vimos anteriormente. A APD ou o método da redescoberta exigia recursos e tempos que impediam aos professores "passar" aquela seqüência lógica de conteúdos na qual, de fato, acreditavam e continuam acreditando.

Embora houvesse uma preocupação metodológica diferente entre os dois modelos, em que APT concebia o aluno como indivíduo passivo que assimilava os conhecimentos que lhe eram transmitidos e APD concebia o aluno ativo a quem se orientava a descobrir, ou redescobrir, esses mesmos conhecimentos, a concepção epistemológica era a mesma, ou é a mesma. *Há uma ciência constituída de verdades científicas que é necessário que as novas gerações assimilem, ou por transmissão ou por descoberta ou por qualquer outro modelo, para continuarem o processo.* Pior é a crença de neutralidade científica que acompanha essa epistemologia. Por ela as "verdades científicas" são independentes da ação do homem e elas são leis preexistentes, as quais coube aos cientistas descobrir por sua genialidade e esforço e, jamais, por interesses internos ou externos. Segundo ainda esta crença, são os "maus usos" das descobertas da ciência que causam os males como a poluição, a destruição, a fome, a injustiça etc. Se refletirmos um pouco sobre as realizações da ciência e da pesquisa científica e tecnológica, logo veremos que há soluções para muitos problemas que afligem a sociedade, principalmente na agricultura e na medicina, e que poderiam acabar com a fome e sanar muitas doenças. Porém, as mesmas estruturas sociais que possibilitam a produção da ciência e da técnica, dentro de um sistema social, impedem que as soluções sejam colocadas em prática, diz, por exemplo, Lévy-Leblond, no seu discurso sobre a *"neutralidade científica"*. **"A atividade científica, como qualquer outra, não é separável do conjunto do sistema social em que se pratica. Como as demais, está orientada, principalmente, com vistas a garantir a perpetuação, ou ao menos a sobrevivência, deste sistema"** (Lévy-Leblond, 1975). Isto acontece nos campos político, militar e no próprio papel ideológico da ciência, argumenta Lévy-Leblond, no mesmo discurso em que recebeu um prêmio, por realizações na física teórica, pela Academia de Lyon, em 1970. É esta compreensão do papel da ciência na sociedade que queremos seja trabalhada por todos os educadores para dar uma chance de mudança nas estruturas sociais que impedem que os benefícios da ciência e da técnica cheguem às populações que necessitam delas. Permanecendo no senso comum

ingênuo, não refletido, no obscurantismo científico ou, mesmo na militância por uma ciência neutra, ela estará sempre mais a serviço dos poderosos e dos ricos, e irá perpetuar as injustiças por mecanismos científicos de controle que ela mesma produz.

Os resultados de aprendizagem, tanto pelo modelo APT quanto do modelo APD, principalmente sobre os conceitos científicos mais fundamentais, não se mostraram bons nas avaliações, tanto internas quanto externas, fazendo surgir novos modelos de aprendizagem na década de 80. Os modelos de ensino/aprendizagem vigentes foram questionados mais profundamente a partir da pesquisa educacional, e foi feita a crítica ao empirismo, no campo epistemológico, e ao behaviorismo no, campo psicológico. No que se refere à epistemologia, prestou-se mais atenção aos relatos racionalistas da produção do conhecimento, tanto histórico quanto individual (Kuhn, Lakatos, Toulmin, Bachelard...), e no campo psicológico, buscou-se apoio nas psicologias cognitivas (Piaget, Ausubel, Novak, Brunner...). Com base nos conhecimentos proporcionados por esses campos, foram sendo constituídos os *modelos construtivistas* de ensino/ aprendizagem, com grande relevância na década de 80 e em voga até hoje no seio da pesquisa educacional. Por estes modelos, o aluno é um construtor ativo de seu próprio conhecimento (Santos & Praia, 1992), tanto no sentido da evolução de uma estrutura mental, quanto de revolução e ruptura de uma forma de pensamento. O paradigma emergente e resultante é chamado, por Santos & Praia (1992), **aprendizagem por mudança conceitual (AMC).**

Com base nesse paradigma, foi criado um vigoroso programa de pesquisa que permitiu produzir centenas de artigos científicos publicados pelos mais diversos centros de pesquisa educacional, principalmente, em educação científica (Millar, 1989; Pfundt & Duit, 1991). Estas pesquisas envolvem o inventário de idéias prévias ou alternativas de alunos sobre itens dos diversos campos da ciência, didática da ciência, formação de professores, desenvolvimento curricular e outras. A produção seria suficiente para fazer uma grande revolução no ensino de ciência o que, infelizmente, não vem acontecendo nas salas de aula concretas, ao menos no Brasil. Ou seja, as pesquisas não chegam às salas de aula de ciências, ou chegam em pequeno grau, não suficiente para formar a massa crítica para a mudança ou a ruptura de um modelo de ensino tradicional, e nem chegam aos institutos ou departamentos de física, química, biologia, matemática..., de nossas universidades, aos quais estão ligados os cursos de formação de professores dessas áreas. As faculdades de educação ou os departamentos de educação sozinhos não têm as condições suficientes para proporcionar a mudança de mentalidade desses professores em formação, como já

vimos. É necessário que, a preocupação epistemológica chegue aos institutos e departamentos das ciências básicas e, com ela, uma nova visão de ciência e de sua função social. O mesmo deve ser dito com relação às novas concepções pedagógicas produzidas com base na pedagogia pensada como ciência de objeto complexo (Marques, 1990). A permanecer o atual descaso com as chamadas ciências humanas, no interior dos institutos e departamentos das ciências naturais e tecnológicas, diminuem muito as chances de termos professores de física, química, biologia, matemática, etc., capazes de mudar o ensino dessas matérias para patamares de melhor qualidade. Isto porque todo o ambiente educacional, criado nesses locais de formação inicial dos professores, tem influência decisiva na atividade dos professores nas escolas e nas próprias universidades, conforme mostram as pesquisas educacionais já citadas.

II.2 - *A crise da ciência moderna: novos desafios*

As ciências modernas e seu desdobramento tecnológico, enfocadas sob o ponto de vista epistemológico, sempre geraram polêmica entre os pensadores da "questão do conhecimento". Insere-se essa questão na relação sujeito que conhece e objeto conhecido, um processo que se realiza numa unidade de contrários (Marques, 1988 :24). Mas esse processo nem sempre foi visto assim, tendo sido produzidas e desenvolvidas posições distintas e de permanente discussão sobre as relações *sujeito/objeto* na produção do conhecimento humano, com ênfase na dualidade e não na unidade dialética.

Há, por um lado, toda uma construção de pensamento assentado no poder das estruturas mentais do homem que gerou o *racionalismo lógico*. As raízes desse pensamento estão em Descartes e Kant e que são, também, as raízes da ciência moderna. É na investigação do espírito, num exercício de intelecto, que o homem se percebe produtor de conhecimento, busca chegar à "essência do ser". Por outro lado, há uma linha de pensamento que gerou o que se denomina, de forma genérica, o *empirismo positivista,* cuja raiz costuma ser buscada em Francis Bacon. Segundo o ideal empirista, o estudo do fenômeno físico acontece sem a interferência do observador e acontece fora dele, e a experimentação (pelos sentidos) é a única forma de estudar e conhecer a natureza. Busca-se sempre um conhecimento objetivo, neutro e incontestável. Esta concepção gerou o método indutivo de investigação científica e que chega a nossos dias, manifestando-se, principalmente, na ciência experimental

escolar (Hodson, 1994), e na concepção de ciências dos professores (Praia & Cachapuz, 1993; Oliveira, 1990), com o nome de "método científico". Aplicando tal método fazem crer que os indivíduos captam as essências ou a natureza das coisas, usando como elementos de elaboração do conhecimento a observação, a visão e a contemplação. Este paradigma é, na verdade, *aristotélico*, e que os empiristas britânicos, confessadamente antiaristotélicos, não conseguiram superar, segundo Matthews. **"O conhecimento era um assunto individual, estava baseado na experiência ou nas impressões dos sentidos, seu critério [de verdade] era a adequação entre o pensamento e a realidade ou a correspondência das idéias aos objetos"** (Matthews, 1994a :83).

Na mesma linha de pensamento está o positivismo pelo qual se acha que é impossível conhecer as causas ou as razões dos fenômenos (superando o paradigma aristotélico), cabendo à ciência, tão somente, estabelecer as leis às quais estão sujeitos. As leis e a ordem natural simplesmente existem e são imutáveis, independentes da interferência humana. Esta visão de produção do conhecimento humano criou o que se pode chamar "atitude positivista" e que acabou influenciando a todos. É esta a atitude que mais nos move em nossa atividade diária e, mesmo, em nossa atividade "científica" quando, aceitando o senso comum, queremos ver um método único de descobrir a "verdade" nos fatos e fenômenos sob investigação.

Tanto a visão *idealista* quanto a visão *empirista e/ou positivista* acabaram criando "obstáculos epistemológicos", na linguagem de Bachelard, à maior dinamicidade da ciência moderna, principalmente, no que se refere às promessas de participação de todos os segmentos sociais nos "benefícios" que poderiam trazer à humanidade os bens científicos e tecnológicos gerados. Daí, as críticas aos paradigmas que sustentam as crenças epistemológicas ainda hegemônicas.

A ciência moderna está em crise (Luffiego et alii, 1994; Souza Santos, 1988 e 1989; Schön, 1983). Cada qual, à sua maneira, localiza essa crise nos pressupostos epistemológicos em vigor. Luffiego et alii (1994) questionam, ainda, a metodologia reducionista que acompanha a epistemologia que sustenta a ciência moderna. Segundo eles, importantes implicações no ensino de ciência deverão acompanhar o questionamento da epistemologia hegemônica responsável pela produção científica e tecnológica atuais.

Os fundamentos epistemológicos que ainda sustentam a produção técnica e científica vêm de Copérnico, Keppler e Galileu, e que tiveram o mérito de romper uma forma de pensar que vinha de Aristóteles. A concepção de produção de

conhecimento e a metodologia para fazê-la, e que viriam a se tornar hegemônicas, procuravam interrogar a natureza através da experimentação controlada e tratamento matemático das respostas obtidas. Um tal programa exigia sempre a focalização do elemento isolado e o controle das variáveis que atuam sobre um objeto concreto, de tal modo que o objeto estudado realmente não pertencia mais a uma situação concreta. Tudo isso em nome de uma descrição coerente do mundo!

Não se pode negar o êxito inicial do programa proposto, principalmente a partir de Newton, chegando-se a pensar em um conhecimento objetivo, verdadeiro, verdade única, incontestável..., descrito a partir de uma metodologia científica atestadora desse tipo novo de conhecimento. Junto com uma nova concepção de mundo, mundo newtoniano e determinístico, veio a idéia de progresso indefinido para a humanidade, projetando um futuro de bem estar para toda a humanidade, **"chegando a mudar radicalmente a vida dos cidadãos ocidentais, seus valores éticos, suas expectativas neste mundo e a organização econômica, social e política"** (Luffiego et alii, 1994 :90).

O mais importante é que o homem moderno se descobriu como sujeito de seu próprio conhecimento, sujeito de um conhecimento muito especial que é o conhecimento científico, superando o pensamento finalista e teleológico que vinha de Aristóteles. A partir dele foi capaz de produzir bens tecnológicos e produtos de consumo que modificaram rapidamente todo o meio em que vive, deixando-o como o conhecemos hoje. A força desse conhecimento e o "sucesso" de seus produtos tecnológicos, deu ao homem a sensação de que este era o conhecimento final e único conhecimento válido para o todo e sempre.

Isto marca profundamente as pessoas e, principalmente, os profissionais das ciências da natureza e, mais ainda, os profissionais das ciências ditas exatas... Há uma verdadeira crença de que a ciência seja um bem supremo, e que ela jamais possa errar, ou de que seja mais adequado tudo o que ela propõe. Não se questiona, principalmente, a forma de fazer e de validar a produção da ciência, e crenças de que as "descobertas" da ciência sejam definitivas vão se perpetuando no ensino em todos os seus níveis, embora se multipliquem os exemplos dos equívocos de verdade única e definitiva em todos os campos científicos... Por não sermos críticos, esquecemos esses fatos e reforçamos a crença ainda mais.

> **"O conhecimento científico pretende ser sempre a reforma de ilusões, mas pode ele mesmo transformar-se em ilusão se estiver atento unicamente a si mesmo e pode levar a um reino de**

especialistas indispensáveis à operação da máquina social, destituídos, porém, da tomada de decisões, reduzidos à categoria de executantes mais ou menos respeitados" (Marques, 1988 : 23)

Com isto queremos dizer que não basta o rigor científico com que pretendemos dirigir as nossas observações para chegarmos a verdades definitivas como nos fez crer toda a concepção positivista de ver e fazer ciência... Acreditávamos e, ainda, muitas vezes acreditamos em um modelo único racional de fazer ciências bem como em uma única metodologia para chegar às "verdades científicas"! O conhecimento científico se propõe a avançar pela **"observação descomprometida e livre, sistemática e tanto quanto possível rigorosa dos fenômenos naturais"** (Souza Santos, 1988). *Observação rigorosa* significa, antes de mais nada, isolar os objetos de sua complexidade natural e fazer medidas sempre mais precisas com instrumentos sempre mais sofisticados e confiáveis e chegar à essência dos objetos, à simplicidade, à regularidade e, assim, chegar às leis fundamentais que governam a natureza! Disto resultou um conjunto de princípios e teorias aceitos por todos como verdades definitivas das ciências naturais e que constitui o principal paradigma estabelecido até hoje. A base epistemológica dessa aceitação está na separação sujeito/objeto e na conseqüente pretensa neutralidade da ciência produzida. Embora as ciências humanas e sociais se reconhecessem diferentes e, muitas vezes, propusessem o oposto das ciências naturais, em termos epistemológicos mantiveram a separação sujeito/objeto, portanto, dentro do mesmo paradigma da ciência moderna... Isto se reflete, mais intensamente, na formação dos profissionais nas universidades onde a própria organização curricular é proposta de forma esfacelada, com disciplinas isoladas, formação prática e teórica separada, formação profissional descolada do meio em que vão atuar os profissionais. As soluções técnicas propostas nesses cursos simplesmente não vão funcionar nas situações práticas que são sempre complexas, únicas, com incertezas e que envolvem conflitos de valores (Schön, 1983, 1987).

O programa mecanicista, positivista e neopositivista, procurou demarcar muito bem a diferença entre conhecimento científico e os outros conhecimentos e, com isso, chegar a leis universais ou se aproximar mais e mais delas. Mas isto não foi possível, como comprovam os relatos do desenvolvimento científico em perspectiva histórica e racionalista (Kuhn, Lakatos, Toulmin, Feyerabend). No entanto, a idéia de progresso da ciência em um *continuum* está sempre presente, bem como a crença epistemológica positivista, mecanicista e pragmática de produzir ciência e tecnologia, através da predição e controle de fenômenos isolados e chegar às leis universais, principalmente,

entre os educadores da área científica. Com isso o círculo vicioso fica mantido porque os ocupantes dos postos na produção e reprodução do conhecimento científico e técnico são sempre de novo formados dentro da mesma crença epistemológica. Apesar dessas crenças sempre renovadas, o programa não se cumpriu e não poderá se cumprir nunca, conforme argumentam Luffiego et alii (1994), com muita propriedade. Por um lado, são impossíveis as almejadas leis universais que seriam obtidas a partir de proposições elementares referidas a fatos simples e empiricamente verificadas. A própria lógica que dizem aplicar não permitiria tal objetivo (Ver, por exemplo, Chalmers 1993 :23-45). Por outro lado não se podem definir as condições iniciais com a precisão requerida para os sistemas de características não descritas por equações lineares como são os sistemas reais. Esses sistemas dinâmicos **"atravessam, durante sua evolução, por fases de comportamento caótico impredictível devido à sensibilidade que possuem nas condições iniciais"** (Luffiego et alii, 1994 :91). Sobre tais sistemas é inútil prever a evolução a longo prazo e nada se pode dizer sobre seu passado e seu futuro. Tais são os sistemas físicos, químicos, geológicos e biológicos para ficarmos só na área das ciências exatas e naturais.

Na impossibilidade teórica e prática de justificar as realizações da ciência clássica com base em uma epistemologia em crise, os autores do artigo citado acima (Luffiego et alii, 1994) se fazem a seguinte pergunta: **"O que resta da ciência clássica? Com base em quais critérios de racionalidade técnico-científica intervimos nos sistemas naturais se nada pode garantir o controle de nossa intervenção?"** (Luffiego, 1994 :92) para responderem logo a seguir:

> **"De agora em diante haveremos de dialogar com um mundo complexo que não se deixa reduzir, simplificar ou manipular. E ele é assim porque concebemos a complexidade integrada por diversos níveis de organização com propriedades emergentes irredutíveis; porque está composto por sistemas complexos que não se devem simplificar, (...) porque hoje sabemos que existe um tipo de complexidade, ligada à não linearidade das variáveis dos diferentes sistemas, que nos permite compreender que nem se pode predizer e nem manipular o comportamento dos mesmos, devido à extrema sensibilidade que possuem às condições iniciais"** (Luffiego et alii, 1994 :92).

As mesmas crenças no progresso indefinido da ciência, nas soluções definitivas para os problemas, na possibilidade de aplicações técnicas para a solução de qualquer problema, também se constituíram na economia, e em outros campos da

organização social como na política e na educação. Formou-se uma crença de crescimento econômico ilimitado, de recursos naturais inesgotáveis e sempre substituíveis pelas descobertas da ciência e da tecnologia. Nesse sentido, há uma perfeita simbiose entre ciência e economia, e ambas estão presas ao mesmo paradigma da **"ideologia do crescimento ilimitado"** (Buarque, 1990 :132). A *questão ambiental*, por exemplo, tanto no que se refere à depredação dos recursos naturais quanto à poluição, não consegue espaço de atenção suficiente nessa simbiose degenerativa da qualidade de vida, principalmente, para as populações que não têm acesso às produções da ciência e nem aos bens de consumo mais necessários.

> **"O impacto sobre o meio ambiente é decorrente de dois vetores que se juntam criando as bases ideológicas da chamada sociedade de consumo. Um primeiro vetor corresponde à visão otimista de história e de capacidade infinita de inovação tecnológica, que permitiria uma dinâmica sem limites do processo de transformação da natureza em bens e serviços. O segundo vetor corresponde à ânsia consumista que o capitalismo conseguiu disseminar na consciência da humanidade e que se identifica na busca esquizofrenicamente acelerada, sendo a própria razão de ser da atividade econômica e a razão ontológica do processo civilizatório"** (Buarque, 1990 :132).

Há hoje, no entanto, uma profunda crise no principal paradigma da ciência moderna que aparece, mais e mais, à medida em que nos aprofundamos no próprio conhecimento. Dentro da ciência natural a busca da simplicidade, da partícula primeira, mostrou sempre mais a complexidade da natureza, a dualidade e a multiplicidade. Os ideais de libertação, de igualdade e de fraternidade, postulados como conquistas possíveis através da ciência moderna, estão sempre mais longe de serem concretizados, principalmente para 2/3 dos homens que não conseguem ter acesso aos bens culturais e tecnológicos produzidos pela ciência. Há, ainda, os grandes perigos para a humanidade produzidos, também, por obra da ciência moderna ou em nome dela, e que são as guerras modernas, a poluição, a desnutrição, a exploração, as condições de trabalho, as habitações inadequadas, as carências de toda a ordem... Estes perigos afetam mais exatamente as pessoas que já estão excluídas do uso dos bens que a mesma ciência e seu desdobramento tecnológico produziram. Tudo isto revela que não é natural que o conhecimento produza a libertação dos homens, principalmente, de todos os homens, e que isto deverá ser buscado por outros caminhos, nos quais deverão participar os excluídos do processo que vem se impondo

até aqui... Esta é uma utopia que temos de perseguir, não importando que nos chamem de 'jurássicos', sob pena de termos de assistir a grandes catástrofes, capazes de colocar em perigo a própria sobrevivência da humanidade. Temos de aprender outras lógicas que não são apenas as lógicas da ciência moderna, da economia dominante ou da cultura hegemônica. Temos de aprender que as coisas são como são porque nós, humanidade, as constituímos assim e, portanto, podemos, novamente, ir introduzindo outros valores, outras metodologias, outros objetivos, fazê-las diferentes (mais justas, mais igualitárias, mais sensatas). Enfim, produzimos um conhecimento que queríamos não fosse ilusão; tornou-se ilusão porque, potencialmente, poderia criar a libertação do homem dos limites da natureza e trouxe a escravidão; poderia trazer a igualdade e trouxe a extrema diferença econômica; poderia trazer a fraternidade e trouxe a discórdia, as guerras, as segregações.

Para começar a mudança, sem dúvida, através do conhecimento sempre mais aprofundado, temos de superar as dicotomias entre as ciências naturais e ciências sociais (Souza Santos, 1988), as ciências naturais e as ciências humanas e outras. Se olharmos, por exemplo, as contribuições mais recentes da psicologia sociohistórica ou histórico-cultural, vemos logo que são as mediações criadas pelos próprios homens e sob o controle deles que fazem com que as coisas sejam como são. A condição humana não pode ser mais atribuída a forças naturais intra-organísmicas e que subjugam a pessoa a seu *status quo,* e nem a forças naturais externas incontroláveis pelo homem (Ratner, 1995). Os verdadeiros perigos para o homem moderno foram colocados por ele mesmo ao longo de sua trajetória cultural, e eles só não são passíveis de remoção enquanto aceitarmos essa condição imposta pelos que usufruem as benesses dessa obra humana.

Mesmo ao atuarmos na área das ciências naturais, onde queremos saber sempre mais sobre como funciona o mundo natural, temos de exercer a responsabilidade social e histórica de permitir a esperança real para uma vida melhor para as pessoas. Para isto, é importante compreendermos melhor o que é este conhecimento chamado ciências, em cujo desenvolvimento e recriação nos achamos envolvidos. O estudo da história dessa ciência pode nos ajudar bastante, e há sempre mais pessoas que olham para trás e procuram explicar como se chegou a este estado de coisas e ver como é possível que a ciência se torne, realmente, um bem para o conjunto da humanidade. Chalmers (1993, 1994) é um destes estudiosos dos relatos que se fazem das ciências, principalmente, as ciências naturais, olhando os mais de 200 anos de história da ciência moderna. À conclusão que chega é que não há uma

única ciência possível, e que muitos fatores e interesses, tanto internos quanto externos, fizeram com que a ciência de que dispomos seja esta. Ao dizer que não existe uma categoria geral de ciência, onde se possa defender ou difamar qualquer área, ele adota uma postura relativista. Não há uma verdade a se buscar, e o próprio julgamento desta verdade envolve interesses e é relativo à situação social e política do momento. Em uma sociedade X, o cientista poderá buscar saídas muito diversas, pressionado pelas condições objetivas a que está submetido. Mas, de qualquer maneira, lida com o mundo físico e social e suas teorias, explicações, ou mudanças poderão alcançar maior ou menor grau de sucesso, obter um julgamento favorável ou desfavorável. Neste caso, ele adota uma atitude realista! Isto é mais, diz Chalmers, do que se querer provar aos outros de que se tem razão ou de que tudo é válido em ciência, caminho mais curto para deixar tudo como está. Ao reafirmar sua posição em relação à ciência, em seu livro mais recente diz:

> **"Diante dos efeitos adversos que a ciência possibilita, como a aniquilação nuclear ou danos menos adversos ao meio ambiente, é razoável em muitos contextos reivindicar que um uso mais eqüitativo do conhecimento científico que temos é um problema de maior urgência do que a produção de mais conhecimento científico. Mesmo quando basta atribuir grande prioridade à aquisição do conhecimento científico, resta a questão de qual das linhas possíveis de pesquisa científica deveria ser seguida. Resta então a questão: que espécie de ciência desejamos?"** (Chalmers, 1994 :161).

Uma forma de começarmos a fazer isto é permitir que todas as pessoas entendam a reta dimensão do que seja a ciência, suas potencialidades e seus limites. Virar-lhe as costas, negá-la como valor cultural poderoso, desconhecê-la, pode ser o primeiro passo para caminharmos em uma direção que vai deixar tudo como está. A educação científica correta, crítica, realista, pode contribuir muito para a superação dos desafios colocados.

II.3 - *Os dois sentidos necessários do caminho da ciência*

Admite-se sempre mais as limitações da ciência atual em resolver os grandes problemas que a humanidade ainda enfrenta, como a fome, as desigualdades, os problemas ambientais, as doenças. Há a necessidade de novas práticas científicas e outras crenças epistemológicas que possibilitem conhecimentos que atendam às

necessidades da população. Propõe-se a superação da visão epistemológica atual, derivada do positivismo e neopositivismo, que concebe a produção científica em sistemas simples e idealizados. Ao soluções produzidas nesses sistemas são aplicados às situações práticas como se fossem soluções gerais. *As situações práticas [no entanto] são instáveis, contemplam a complexidade, a incerteza, os conflitos de valores e são únicas e singulares, defende Schön* (1983 :14). Sobre elas os profissionais atuam na prática e logo percebem que não cabem as soluções técnicas recomendadas a partir dos estudos científicos de situações ideais, simplificadas e manipuladas conforme doutrina da *racionalidade técnica e a epistemologia positivista da prática* (Schön, 1983 :31). Esse conhecimento é estritamente tecnológico, e se presta para solucionar problemas instrumentais, problemas produzidos fora do contexto real. Ao transplantá-lo para situações práticas, produz conseqüências, muitas vezes, piores do que os problemas que se propunha resolver, diz Schön. Por isso, esse autor, propõe *uma nova epistemologia da prática* como saída para a atuação profissional diante de situações problemáticas, na qual a racionalidade técnica não consegue dar conta. Segundo Schön a *epistemologia da prática* está implícita nos processos artísticos e intuitivos, e ela se torna presente na ação de situações complexas do mundo da vida ou da vivência das pessoas. Ao agir nessa complexidade, os profissionais mais hábeis e mais bem sucedidos refletem sobre os procedimentos e conhecimentos de que já dispõem e decidem sobre o melhor procedimento a ser adotado. Schön chama isto de ***reflexão-na-ação*** e a propõe como alternativa para superar o modelo da *racionalidade técnica*. Na reflexão-na-ação certos profissionais conseguem lidar com situações singulares em toda a sua complexidade, com incertezas e instabilidades inerentes a elas, sem recorrer a padrões de procedimentos próprios do modelo da racionalidade técnica. O que move essa reflexão-na-ação, conforme constata Schön em seus estudos sobre profissionais em sua prática, é a surpresa, o inusitado do resultado esperado:

> **"Quando os fenômenos presentes tergiversam das categorias ordinárias do conhecimento-na-prática, apresentando-se como únicos ou instáveis, o profissional pode trazer à tona e criticar seu entendimento inicial dos fenômenos, construir uma descrição mais nova deles, e testar a nova descrição por um experimento no ato. Muitas vezes ele chega a uma nova teoria do fenômeno, articulando um sentimento que ele tem sobre ele"** (Schön, 1983 :62-3).

Para Schön, quando alguém reflete-na-ação torna-se um pesquisador no contexto prático (1983 :68), não sendo mais dependente apenas de categorias de teoria e técnica estabelecidas antes, fora do contexto. Neste caso, ele constrói uma nova teoria de caso único. Os próprios meios e fins são estabelecidos interativamente na estruturação da situação problemática. Aqui os fins não justificam os meios! Não separa mais o pensar do fazer, racionalizando à sua maneira e convertendo o raciocínio em ação, **"porque sua experimentação é uma espécie de ação, implementação e construção em sua investigação"** (Schön, 1983 :68). Fazer esta investigação reflexiva é produzir a epistemologia da prática capaz de superar a prática da racionalidade técnica derivada da epistemologia positivista. É unir concepção e ação, teoria e prática, meios e fins, tudo isso que a concepção positivista sempre procura separar e isolar.

Para desenhar uma possível estrutura da nova epistemologia da prática e da reflexão-na-ação, Schön observou e acompanhou o contexto de arquitetos e psicoterapeutas. Em ambos os exemplos, os profissionais abordam o problema prático como único ou caso único. O enfoque é sobre as características especiais de cada situação problemática, e não a imposição de uma solução padrão como nos faz crer a racionalidade técnica ou a racionalidade instrumental. As pesquisas dos profissionais são pelas características especiais, tratando o problema prático como caso único e agindo com todas as experiências profissionais anteriores. A intervenção que projetam brota das características especiais detectadas e da experiência profissional anterior.

As condições para a reflexão-na-ação surgem nessa procura das características e, também, quando há visões competitivas sobre determinado caso, o que pode acontecer em um projeto arquitetônico como a construção de uma estrada e as conseqüentes "agressões" maiores ou menores ao meio, ou em uma prática psicoterápica na qual as visões teóricas diferentes induzem à ação reflexiva. Schön viu um desempenho artístico, criativo, nos profissionais diante das situações problemáticas complexas. Dentro da complexidade, acharam maneiras simples de encaminhar a intervenção. A capacidade artística e criativa se manifestou na administração seletiva dentre um grande número de informações, na habilidade de tecer longas linhas de invenção e inferência, e nas diferentes maneiras de olhar para a situação problemática, sem perder o rumo da investigação. Schön chamou essa arte de reflexão-na-ação, **"uma conversação reflexiva com uma situação única e incerta"** (Schön, 1983 :130).

Na conversação com a situação problemática há um esforço de estruturar/reestruturar um problema e, com isso, há uma percepção de reformar a situação que, por sua vez, traz novas implicações e novas apreciações e movimentos que também precisam ser investigados. **"Nessa conversação reflexiva, o esforço do profissional para resolver o problema reestruturado produz novas descobertas que solicitam nova reflexão-na-ação"** (Schön, 1983 :132).

O processo segue em espiral através de estágios de sucessivas avaliações, ações, reflexões. Dessa forma, diz Schön, a situação única, instável, incerta e com conflito de valores torna-se entendida através da tentativa de mudá-la, e mudada na tentativa de entendê-la (Schön, 1983 :132).

Há outras formas de ver e analisar a crise da ciência moderna e a emergência de novos paradigmas. A base do problema parece ser o fato de o conhecimento científico ter adquirido *status* de verdade única, ao menos dentro das comunidades científicas ligadas às ciências da natureza e outras que adotam o mesmo paradigma de uma verdade pré-existente que apenas é buscada pela pesquisa científica. Nessas comunidades, a ciência é avaliada, internamente, como aquela atividade humana que faz enunciados racionais, verdadeiros e objetivos, e essas características são tidas como exclusivas do conhecimento científico. Isto constitui uma forma estreita de ver o conhecimento humano e que precisa ser rompida para que se aceite que elas também se aplicam a outras atividades humanas e que possibilitam a sobrevivência dos homens, muitas vezes, de maneira mais harmônica com o meio do que nas sociedades científicas. Veja-se, por exemplo, o conhecimento extremamente valioso que encontramos nas populações indígenas. Tecnologicamente não atingiram a idade da fundição do ferro mas desenvolveram um conhecimento ajustado ao sistema social e de convivência com a natureza de forma muito mais harmônica do que o conhecimento técnico-científico das sociedades tecnológicas. Luffiego(1994 :94), apoiando-se também em Morin, propõe que

> **"a razão científica deva assumir suas limitações epistemológicas, reconhecer sua ampla e variável margem de ignorância, respeitar o desconhecido incluindo culturas de outras sociedades e, assim, os cientistas e suas organizações deveriam mostrar maior grau de consciência, prudência e responsabilidade, participando de avaliações externas de sua própria produção técnico-científica, uma vez que ela transcende o subsistema científico e interage com o social e o ecológico."**

É no diagnóstico dos grandes problemas gerados pelo desenvolvimento científico-tecnológico que a atual epistemologia dominante da prática científica se mostra inadequada, mais especificamente, nos problemas sociais (desigualdade econômica, acumulação de riquezas, saúde pública, oportunidades de educação, habitação, aglomerados urbanos, fome, etc.) e nos problemas ambientais causados pelo desenvolvimento com base no atual modelo. Se continuarmos a aceitar a mesma lógica corrente, estaremos, apenas, procurando culpados pelos erros nos diagnósticos e proposições de soluções técnicas, e continuaremos a fazer a mesma coisa, tentando precisar as "causas dos problemas" e propondo "soluções melhores" que logo veremos não serem adequadas. Daí a necessidade de mudança de paradigma para o desenvolvimento humano.

> "**A visão de complexidade chama a atenção para a impossibilidade de conhecer suficientemente as causas, de fazer predições corretas e de controlarmos processos e os efeitos [uma exigência da atividade científica, conforme o modelo clássico] defendendo uma mudança qualitativa no modelo de desenvolvimento que implique uma desaceleração da locomotiva do progresso e uma ciência a serviço desse propósito**" (Luffiego el alii, 1994 :94).

Com esta posição não estamos querendo romper com a reflexão baseada na razão e nos ater apenas ao fenomenológico. Pois as descrições fenomenológicas estão sujeitas ao ocasionalismo dos conhecimentos e não permitirão a clareza que só virá quando houver o interesse de conhecimento específico dos valores racionais, como diz Bachelard (1983 :27). Os fatos passam a ser científicos ao rompermos com o empirismo, e esta é uma *ruptura epistemológica* necessária que possibilita o conhecimento próprio da ciência. **"Bachelard foi o primeiro a usar este termo para indicar uma descontinuidade entre conhecimento comum e conhecimento científico"** (Parente, 1990 :19). Souza Santos (1989) a denomina como a **primeira ruptura epistemológica** a qual permitiu criar os 'objetos teóricos', no dizer de Matthews (1994a), e a lógica própria da ciência moderna ou os 'fatos científicos' que são antes idéias, sem traço empírico, de acordo com os ensinamentos de Bachelard. Conforme ainda Souza Santos, é necessário fazer a **segunda ruptura epistemológica,** mais importante do que a primeira, dadas as condições sociais de hoje. É a ruptura com a ruptura epistemológica, segundo este autor.

> **"Isto significa que, do meu ponto de vista, deixou de ter sentido criar um conhecimento novo e autônomo em confronto**

> **com o senso comum (primeira ruptura) se esse conhecimento não se destinar a transformar o senso comum e a transformar-se nele (segunda ruptura). Depois de três séculos de prodigioso desenvolvimento científico, torna-se intoleravelmente alienante concluir com Wittgenstein (...) que a acumulação de tanto conhecimento *sobre* o mundo se tenha traduzido em tão pouca sabedoria *do* mundo, do homem consigo próprio, com os outros, com a natureza"** (Souza Santos, 1989 :147).

Não se pode contestar os inegáveis avanços que o conhecimento científico e tecnológico proporcionou à humanidade, estendendo a capacidade de sobrevivência em níveis nunca antes atingidos, diz Souza Santos, embora esses níveis abarquem apenas parcelas reduzidas da sociedade. As soluções técnicas propostas desconheceram outras produções humanas e tornaram-se a única racionalidade aceita, isto é, reduzindo a racionalidade humana à racionalidade técnica e instrumental, no dizer de Habermas.

> **"A vocação técnica e instrumental do conhecimento científico tornou possível a sobrevivência do homem a um nível nunca antes atingido (apesar de a promessa social ter ficado muito aquém da promessa técnica), mas, porque concretizada sem a contribuição de outros saberes, aprendemos a sobreviver no mesmo processo à medida em que deixamos de saber viver. Um conhecimento anônimo reduziu a práxis à técnica"** (Souza Santos, 1989 :148).

É nesse diagnóstico, hoje possível devido às condições sociais, que Souza Santos localiza a **crise do paradigma da ciência moderna.** Somente o aprofundamento dessa crise fará emergir o novo paradigma, segundo o pensamento e o relato de Kuhn (1978) sobre a história da ciência, e que será o paradigma da ciência pós-moderna, de acordo com Souza Santos: **"Estamos, pois, numa fase de transição paradigmática que, como qualquer outra, é caracterizada pela reconceptualização da ciência que existe em função de uma nova ciência cujo perfil apenas se vislumbra"** (Souza Santos, 1989 :148).

Souza Santos descreve as condições teóricas para que seja possível essa *reconceptualização.* Entre elas está a necessária problematização do sentido do conhecimento científico no mundo contemporâneo e a necessidade da reflexão *hermenêutica* sobre os 'objetos teóricos' produzidos dentro da circularidade das teorias científicas. A reflexão hermenêutica permitirá analisar as conseqüências produzidas no meio, pela aplicação técnica do conhecimento científico produzido,

além de possibilitar o discurso argumentativo no interior das comunidades científicas e aquele destinado a abrir o saber científico a outros saberes. Isto permitirá a segunda ruptura epistemológica necessária nesse período de transição paradigmática, no dizer de Souza Santos. **"O que se pretende é um novo senso comum com mais sentido, ainda que menos comum"** (Souza Santos, 1989 :150).

Ao "contaminar" o discurso epistemológico com outros valores, mais próprios das ciências sociais, como justiça, emancipação social, saberes populares, corre-se o risco de gerar mais desacordos, segundo Souza Santos, mas que, no contexto da dupla ruptura epistemológica, poderá criar condições de aumento de comunicação e conseqüentes consensos possíveis, os quais passarão a ser a nova medida da objetividade científica.

A dupla ruptura epistemológica exige que se enuncie a nova forma de conhecimento que se deseja promover e em quais contextos será produzido e aplicado. Souza Santos vê quatro contextos estruturais do conhecimento: *o contexto doméstico, o contexto do trabalho, o contexto da cidadania e o contexto da mundialidade* (Souza Santos, 1989 :151). Nesses contextos dão-se os diferentes "mundos da vida", com saberes próprios de cada um. Constituem-se em "comunidade de saber", saber que os membros integrantes repartem e utilizam em suas ações cooperativas e processos comunicativos. "Mundo da vida" ou *Lebenswelt* (Habermas), próprio das comunidades dos diversos contextos, compreende o saber da ação social do cotidiano ou **"o universo do senso comum"**, no dizer de Souza Santos.

Para Habermas, o conceito *Lebenswelt* ou **mundo da vida** é, igualmente, o contexto não problematizável, onde são possíveis os entendimentos ou os consensos. É o mundo do **"saber implícito sobre o qual nós, normalmente, nada sabemos porque ele é simplesmente não problemático, não atinge o limiar dos pronunciamentos comunicativos que podem ser válidos, ou não"** (Pinto, 1996 :75).

Marques, baseando-se em Habermas, situa o mundo da vida

> **"como pano-de-fundo em cuja facticidade habitam os dados empíricos do cotidiano vivido e os pressupostos que os transcendem, permitindo que atores capazes de fala e ação se entendam sobre algo no mundo, seja este o mundo exterior-objetivo (ou natural), seja o mundo exterior-social, seja o mundo inter-subjetivo das vivências de cada um"** (Marques, 1993 :83).

Souza Santos e Habermas diferem consideravelmente quando propõem uma teoria de evolução social e o conceito de sociedade, embora ambos considerem o **mundo da vida** como base que torna possível uma teoria da ação. Para tornar mais concreta a nossa ação em sociedade que se constitui complexa, Souza Santos busca quatro quotidianidades diferentes, uma em cada contexto estrutural: a doméstica, a do trabalho, a da cidadania e a da mundialidade. Em cada contexto destes atuamos como seres práticos de forma articulada e interpenetrada e, assim, nos constituímos como sujeitos de nossas ações:

> **"Todos nós somos *configurações humanas* em que se articulam e interpenetram os nossos quatro seres práticos: o ser de família, o ser de classe, o ser de indivíduo, o ser de nação. E como cada um desses seres, ancorado em cada uma das práticas básicas, é produto-produtor de sentido, o sentido de nossa presença no mundo e, portanto, da nossa ação em sociedade é, de fato, uma *configuração de sentidos*"** (Souza Santos, 1989 :154).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, Souza Santos vê a nossa prática social embebida em quatro sensos comuns, produto-produtor de quatro comunidades de saber: familiar, do trabalho, pública e nacional e, em cada uma delas, uma forma própria de interação comunicativa (1989 :154).

Souza Santos vê um outro aspecto que o diferencia e o afasta da fenomenologia de Habermas. Enquanto para Habermas o **mundo da vida** é o espaço e o tempo do consenso, da cooperação, da comunicação e da intersubjetividade, todas dimensões importantes na constituição dos sujeitos e de convivência social mais justa, Souza Santos nos lembra que **"essas dimensões existem em tensão dialética com o conflito, a violência, o silenciamento e o estranhamento"** (Souza Santos, 1989 :154-5), tensões que podem estar latentes mas que reduzem a comunicação e a argumentação. A tensão ocorre de forma diferente em cada contexto estrutural e de acordo com o mecanismo de poder subjacente a ele: *o patriarcado, a exploração, a dominação e a troca desigual* (Souza Santos, 1989). Diferentemente, Habermas vê um único mecanismo de poder: o estatal segundo o próprio Souza Santos.

Na prática quotidiana o desequilíbrio de poder não gera, necessariamente, o conflito, a violência, o silenciamento e o estranhamento porque

> **"as comunidades de saber têm (...) uma aptidão notável para negociar sentidos, encenar presenças, dramatizar enredos, amortizar diferenças, deslocar limites, esquecer princípios e lembrar contingências; é nisso que reside a sua dimensão utópica**

> **e emancipadora num mundo moderno saturado de demonstrações científicas, de necessidades técnicas e de princípios sem fim"** (Souza Santos, 1989 :155).

Já Habermas desenvolve sua teoria da sociedade em duas esferas: a esfera do **mundo vivido**[1] *(Lebenswelt)* e a esfera **sistêmica**.

> **"O mundo vivido é o lugar das interações espontâneas (ações socialmente integradas), onde acontece o processo argumentativo com suas pretensões de validade e busca de consenso. É ele o pano de fundo do processo comunicativo, compondo-se de evidências não tematizadas, certezas pré-reflexivas, vínculos insuspeitos"** (Fensterseifer, 1995 :76-7).

Na esfera do **mundo vivido** encontramos três componentes estruturais (Pinto, 1996 :75) e é ali que se dá a sedimentação histórica de sentido (Fensterseifer, 1995 :77), embora em domínios indiferenciados na forma de *cultura, sociedade e personalidade*. Na *cultura* se encontram aqueles saberes que os atores utilizam ao constituírem modelos interpretativos sobre algo no mundo; na *sociedade* os atores buscam os ordenamentos para regularem as suas ações; a *personalidade* constitui aquele conjunto de competências que permitem ao sujeito a participação ativa nas interações do agir e da comunicação, e que lhe permitem construir e consolidar sua própria personalidade (Pinto, 1996 :75-6)

A sociedade não pode ser equacionada ou racionalizada dentro do mundo vivido pois leva a três ilusões conforme Fensterseifer (1995), apoiando-se também em Ingram (Ingram, 1993): de produzir conhecimento verdadeiro através da linguagem ordinária; de haver reciprocidade na interação comunicativa; de os indivíduos estarem plenamente conscientes dos motivos de seu agir comunicativo.

Na esfera **sistêmica** temos as ações que saíram da esfera do mundo vivido no processo comunicativo racionalizado e se tornaram autônomas, passando ao controle da racionalidade instrumental. Elas constituem, agora, os meios deslingüistificados, o dinheiro e o poder (Pinto, 1996 :81) ou a economia e o estado (Fensterseifer, 1995 :78). É isto que causa a cisão entre as esferas do mundo vivido e sistêmico:

> **"A interferência cada vez mais acentuada dos *média*, dinheiro e poder, em espaços antes reservados à ação comunicativa (família, associação de bairros, comunidades de base, sindicatos, instituições sociais, artísticas, científicas e culturais), constitui-se, segundo Habermas, em uma das**

[1] Mundo da vida ou mundo vivido são as duas traduções que encontramos, na língua Portuguesa, para o termo, em Alemão, de *Lebenswelt*.

> **principais patologias da modernidade: a *colonização* do mundo vivido pelo mundo sistêmico. Sua proposta é a de descolonizar o mundo vivido, restaurando neste a sociabilidade, espontaneidade, solidariedade e cooperação baseados na ação comunicativa. Embora reconheça a necessidade da ação instrumental como garantia da reprodução material e institucional da vida, Habermas a coloca hierarquicamente abaixo da ação comunicativa, pois cabe a esta assegurar, através do entendimento e do consenso, a integração social"** (Fensterseifer, 1995 :78 e com base em Freitag, 1992 :239-40).

Os diversos pensadores (filósofos, sociólogos, educadores, críticos da ciência moderna), com os quais estou tentando dialogar nesse meu trabalho, vêem a produção científica e seu desdobramento tecnológico como algo problemático para o meio social, gerando o que se costuma denominar *a crise da modernidade.* Sem negar as grandes conquistas científicas proporcionadas pela ciência moderna, bem como o nível de bem-estar de consideráveis segmentos das sociedades com base científica e tecnológica, apontam e analisam grandes problemas não solucionados pelo conhecimento científico (a fome, a habitação, etc.) e, até mesmo, desencadeados por ele, como os problemas ambientais. Para todos, há uma profunda crise de paradigma da ciência moderna e a necessidade de buscar saídas, salvando importantes valores da modernidade como, por exemplo, os ideais democráticos e o acesso universal à cultura.

Não se trata aqui de fazer um estudo rigoroso das posições e teses de Souza Santos, Habermas ou Schön, e nem de analisar diferenças e eventuais semelhanças. Abordarei ligeiramente alguns conceitos convergentes dos três teóricos, remetendo a seus escritos ou a alguns de seus leitores mais acurados. O que nos interessa aqui, e vai nos servir mais adiante, é que esses autores vêem patologias na sociedade moderna e nas instituições, e procuram encaminhar a discussão para a transformação da sociedade e das instituições para um novo patamar onde mais pessoas possam usufruir, de forma mais justa e eqüitativa, dos bens culturais produzidos pela ciência e tecnologia modernas. Nenhum propõe soluções técnicas simples, geradas em comunidades de saber científico, impermeáveis às necessidades sentidas das pessoas, mas cada qual tenta tratar a complexidade do mundo vivido das pessoas ou dos contextos estruturais como um todo orgânico ou, ainda, as situações reais complexas, de modo que os atores participem e se entendam sobre os problemas e as soluções. A força das soluções não está mais nos sujeitos individuais que engendram saídas para a

crise e nem na genialidade de algum indivívuo capaz de gerar sempre novas categorias de conhecimentos nos diversos mundos do saber, mas na produção coletiva dos atores e em suas interações intersubjetivas. É importante que os educadores tenham acesso a tais idéias e possam reconstruí-las em suas aulas junto aos seus alunos.

II.3.1 - **Reflexão-na-ação: a conversação com a situação prática**

A epistemologia da prática, ainda a ser criada, segundo Schön, terá que poder responder a algumas questões importantes: Como avaliar os experimentos que o profissional conduz ao reconstruir uma situação prática? Como o profissional usa a experiência acumulada , ao lidar com um novo caso, sem querer forçar a aplicação de categorias e teorias empregadas antes? Se a reflexão-na-ação é uma espécie de experimentação, como avaliar o rigor desse experimento se as situações práticas são resistentes ao controle? Sabemos que a solução de um problema técnico envolve uma instância própria de investigação e que se caracteriza pela objetividade, controle, distanciamento do investigador; qual a instância que poderia avaliar a qualidade da reflexão-na-ação praticada?

Schön responde a estas questões de que se poderia apelar para a estrutura da investigação, mas como se poderia descobrir essa estrutura a não ser pela reflexão na prática experienciada, observando profissionais competentes que refletem na ação? (Schön,1983 :133). Fazendo isso, parece-nos, Schön conseguiu consideráveis avanços na construção do que se chamará a *epistemologia da prática*. Ao avançar, observando profissionais em sua prática, encaminhou respostas às questões colocadas acima, as quais passarei a descrever nos próximos parágrafos, conforme leitura muito livre do texto de Schön.

Os experimentos são avaliados ao reconstruir a situação problemática, resolvendo o problema quando bem descrito e encaminhado, e através da avaliação de outros efeitos não intencionalmente produzidos pela ação desencadeada junto à situação problemática. Portanto, a investigação não termina porque o problema foi resolvido com a construção feita, mas continua porque, com certeza, outros efeitos necessitam ser avaliados e investigados. Não há experimentos definitivos na conversação com a situação ou na reflexão-na-ação.

Ao iniciar a sua conversação com a situação, o profissional não consegue fazer uma descrição completamente articulada dela, mas o seu repertório de experiência e

ação lhe permite ver algo familiar, mesmo em situações não familiares, como são os casos únicos, e estes elementos familiares de seu repertório lhe permitem entender ou começar a entender e estruturar a situação, não necessitando categorias-padrão de análise e de ação, diz Schön. Cada caso único, cada experiência vai também enriquecer o seu repertório que pode ser generalizada para outros casos. Não para produzir princípios gerais, diz Schön, mas para contribuir para um repertório mais amplo de temas exemplares do profissional. Deles poderá compor novas variações e estruturar outros casos.

Quando o profissional vê, em uma situação nova, algum elemento de seu repertório, ele adquire uma nova maneira de ver a situação e novas possibilidades para a ação. Se isto é adequado ou não, se é útil ou não, somente a ação desencadeada, através do experimento, é que poderá dizê-lo (Schön,1983 :141-3). Um experimento poderá ser do tipo exploratório, sem nenhum controle; poderá ser de movimento/testagem, quando fazemos uma ação para provocar uma mudança conforme proposição feita; poderá ser de testagem de hipótese. Toda a ciência usa esse tipo de experimentos, embora isto não apareça nos relatos científicos, diz Schön. Nas publicações científicas aparecem, geralmente, os experimentos do terceiro tipo, onde se deseja discriminar, intencionalmente, entre hipóteses competitivas (Schön, 1983 :146). Podem ser confirmadas ou não. Se confirmadas, seriam melhores na linguagem de Popper, porque resistem mais à refutação. Essa lógica também vale na epistemologia da prática, conforme Schön.

O que distingue a prática e a pesquisa são os contextos diferentes. No contexto da prática, o profissional tem interesse primeiro na **transformação** de uma situação, e na pesquisa, o interesse se volta mais para o **entendimento** de uma situação ou de algo dentro de uma situação. O profissional também quer entender uma situação, mas isto se dá na ação pela mudança, diz Schön (Schön, 1983 :147). Sempre com o intuito de mudar a situação, o profissional faz a experimentação, tanto exploratória, quanto de testagem de proposição e de hipótese. No primeiro experimento há mais uma conversação com a situação e no segundo uma proposição é negada ou afirmada. Isto acontece também na experimentação em geral.

A testagem de hipótese, embora siga a mesma lógica da forma da ciência usual, é muito diferente do experimento controlado dentro da racionalidade técnica. Na nova epistemologia da prática, o profissional admite a sua hipótese como verdadeira, age para que seja verdadeira, conforma a situação de tal maneira que ela se torne verdadeira. Segundo Schön, **"a testagem da hipótese do profissional**

consiste de proposições que mudam os fenômenos para [fazer] encaixar a hipótese" (1983 :149).

Isto é muito diferente do que estamos acostumados a pensar sobre a testagem de uma hipótese em experimento controlado porque fere todas as normas do experimento controlado, o qual exige objetividade e distanciamento. Aqui o experimentador está inserido na situação prática, conversa com ela, argumenta no sentido de que a sua percepção é a correta, desenha a sua ação sobre a situação, descrevendo-a dentro de sua hipótese.

Embora isto fira as mentes dos pesquisadores que dizem atuar conforme a racionalidade técnica, um olhar nos laboratórios de pesquisa experimental, constituídos dentro dos padrões técnicos da ciência hegemônica, nos mostrará que há muita manipulação, não dos fenômenos, mas da situação artificial dentro da qual atuam e lhe querem imputar um fenômeno natural. A maior parte das substâncias químicas que se produzem em nossos laboratórios, por exemplo, são manipulações das situações, moldadas para criar aquele fenômeno que é do interesse do experimentador. Ou seja, desenha-se a ação que se julga encaixar na situação e não há aquele afastamento alegado do pesquisador. Este mito da neutralidade é mantido artificialmente para validar a ciência produzida exatamente pela crença epistemológica ainda existente. O *cânon* do método experimental proíbe a esses experimentadores de influenciar a situação experimental e a fazer aquilo conforme a sua hipótese. Espera-se, ao contrário, diz Schön, que se esforcem em negar a sua hipótese.

Os investigadores da situação prática têm o domínio de sua investigação e, como tal, descrevem a situação de maneira a que se confirme a sua hipótese. Mas as situações práticas resistem às tentativas de serem moldadas e essas tentativas podem produzir efeitos não desejados. **"Um experimento de testagem de hipóteses é um jogo com a situação. Eles procuram fazer a situação conforme a sua hipótese, mas permanecem abertos para a possibilidade de que não aconteça a conformidade..."** (Schön, 1983 :150).

O que Schön está reafirmando é que não há testagem de hipótese neutra, de que não há método experimental neutro em que o experimentador possa manter um distanciamento que não interfira no experimento. Do mesmo modo que a situação prática não é um objeto autosuficiente, independente do profissional ou do investigador, ela também não é 'argila' que possa ser moldada a 'bel prazer'.

Schön usa o conceito de relação **transacional,** que toma de Dewey, entre a situação prática e o investigador. Por ela o investigador constrói a situação, mas na conversação com ela seus próprios modelos e apreciações são também construídos pela situação. **"Ele entende a situação ao tentar mudá-la, e considera as mudanças resultantes não como um defeito do método experimental mas como a essência de seu sucesso"** (Schön, 1983 :151).

O interesse primeiro do investigador da prática é mudar a situação diz Schön. O rigor passa a ser medido pelo cuidado em fazer a situação conforme a visão que faz dela e, ao mesmo tempo, o quanto permanece aberto para os **retruques** da situação ou o quanto falhou em mudá-la. Pela reflexão saberá se a hipótese é inadequada ou se a construção do problema foi inadequada. De acordo com as conseqüências, em relação àquelas intencionadas, poderá experimentar **surpresa** ou não, e quanto à desejabilidade de todas as conseqüências percebidas, intencionadas ou não, aparecerão aquelas não desejadas, desejadas ou indiferentes. Isto definirá a continuidade, ou não, da investigação por parte do investigador da situação prática.

II.3.2 - Aplicação edificante: O novo modelo de aplicação do conhecimento científico

A produção do conhecimento científico é feita em contexto específico, a comunidade científica, onde se entrecruzam determinações dos contextos estruturais, diz Souza Santos. Há uma produção, **a produção científica**, realizada nos laboratórios, bibliotecas, museus, universidades, institutos e em outros locais de trabalho, geralmente financiada por recursos públicos e dentro dos parâmetros da produção da ciência em nível mundial. As condições de produção, a continuidade dos projetos, a infra-estrutura, a formação dos grupos de pesquisa, as relações internacionais, a língua, atc., são determinações estruturais, advindas dos outros contextos, que fazem a face de uma comunidade especial de saber, a comunidade científica. Produz-se nela um determinado discurso, o discurso científico, e que busca a validação de sua produção junto aos pares. Mas o conhecimento produzido e descontextualizado, conforme Souza Santos, a partir dos objetos empíricos dos contextos estruturais, precisa voltar a esses contextos, ou seja, precisa ser aplicado fora do contexto da comunidade científica e possibilitar a transformação dos contextos estruturais produzindo o progresso social e a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

> **"Na sociedade moderna, cada contexto interativo estrutural é assim dúplice enquanto comunidade de saber. Dispõe de um saber "local", de que é sujeito, mas dispõe também de um saber científico de que só tangencialmente é sujeito (na medida em que o mistura com o saber nativo). Em muito maior medida é apenas objeto desse conhecimento e, portanto, em vez de dispor dele é disposto por ele"** (Souza Santos, 1989 :157).

De acordo com o contexto estrutural ao qual o conhecimento científico se refere, essa contradição sujeito/objeto se manifesta de modo diferente, diz Souza Santos, e dentro do contexto é vivida diferentemente pelos diversos atores. Cada contexto tem seus mecanismos de poder próprio, e nisso há desequilíbrios gerados pelas próprias relações sociais. Mas o fator de desequilíbrio e de contradição maior é o gerado pelo próprio conhecimento científico, diz Souza Santos, **"ao transformar grupos sociais preferencialmente em objetos sociais e outros grupos preferencialmente em sujeitos sociais"** (Souza Santos, 1989 :157).

O tipo de aplicação do conhecimento científico que tem sido feito é denominado de *aplicação técnica* por Souza Santos. Segue a lógica da *racionalidade técnica* (Schön), como vimos anteriormente. Alguém de fora do contexto impõe soluções técnicas geradas em situações idealizadas sobre as situações práticas. Isto não responde às necessidades concretas das pessoas ou dos segmentos sociais, e acaba causando males piores do que os que se queria evitar, conforme Schön, pois os fins são definidos separadamente dos meios e em contextos diferentes. Mais que a argumentação valem as demonstrações cujas observações empíricas primeiras não permitem ver os conflitos e as soluções alternativas, diz Souza Santos (1989 :157). Além disso, esquecem-se os "saberes locais" em nome de um conhecimento maior, universal e mais moderno. Os benefícios contabilizados não levam em conta os prejuízos que poderão ocorrer a médio e longo prazos como, por exemplo, os danos ambientais. Foi exatamente isto que ocorreu, por exemplo, com a *modernização da agricultura*, introduzida no Brasil, com grande ênfase nos anos 70 (Brum, 1988). Na forma de *extensão rural,* foram difundidos os chamados avanços tecnológicos e os conhecimentos no âmbito da produção agrícola, conhecimentos totalmente exógenos àquelas comunidades "beneficiadas", estabelecendo novas relações sociais e econômicas de base tecnológica - sistema bancário, mercadorias desconhecidas e exóticas, sementes híbridas - com tal desnível de argumentação que não houve resistência possível. O resultado disso foi um colossal problema ambiental e concentração das pequenas propriedades na mão de poucos produtores gerando custos

sociais e econômicos incomensuráveis. Para uma lógica assim de *aplicação técnica* do conhecimento científico não há lugar para a *ética* (Souza Santos, 1989 :157). Algo parecido acontece quando se procura introduzir, na forma de aplicação técnica, os conhecimentos produzidos nas comunidades científicas ligadas à psicologia, sociologia e outras, no âmbito educacional. Na prática permanecerão alguns chavões e, às vezes, patologias graves.

> **"A aplicação técnica é a forma social e a verdade social da ciência moderna, de um conhecimento científico pautado pela primeira ruptura epistemológica. O conhecimento científico produz-se, separando-se dos saberes locais, e é também separado deles que se aplica às práticas onde eles circulam. Correspondentemente, o modo de racionalidade da comunidade científica sobrepõe-se ao modo de racionalidade das comunidades de saber local"** (Souza Santos, 1989 :158).

Souza Santos contrapõe a *aplicação edificante* à *aplicação técnica* como o modelo de aplicação do conhecimento científico pós-moderno. Tal aplicação em situação concreta caracteriza-se pelo compromisso "existencial, ético e social", por quem o aplica, com o impacto que possa causar na situação; os meios e fins são discutidos em situação concreta e a aplicação incide sobre ambos; competências argumentativas são promovidas nos conflitos para se chegar ao consenso que contemple os argumentos revelados no processo; formas alternativas e emergentes da realidade são reforçadas em detrimento às formas institucionais permitindo mais argumentação, comunicação e solidariedade entre os atores envolvidos; questões éticas terão prioridade sobre as técnicas na argumentação; os saberes locais, em todos os contextos estruturais, terão seus limites ampliados ao serem transformados por dentro e adquirirem novos sentidos pela crítica científica; mais do que impor soluções interessa à ciência, pautada pela aplicação edificante, que a transformação da sociedade aconteça pela ampliação da comunicação e da argumentação e isto vale, também, dentro das comunidades científicas onde vai se travar o conflito entre a aplicação técnica e aplicação edificante ou entre a postura técnica e a postura ética (Souza Santos,1989 :159-61).

II.3.3 - **Teoria da ação comunicativa: a intersubjetividade como base da ação social.**

Vimos, anteriormente, que há uma crise do paradigma que sustenta a ciência moderna e ressaltamos como negativas as visões simplistas da produção do

conhecimento científico, principalmente, no que se refere ao uso desse conhecimento no meio social. Não há soluções simples para os graves problemas que afligem o meio social e o meio ambiente. Os paradigmas emergentes indicam a linha da *complexidade* e das *múltiplas implicações* das ações humanas para resolver os problemas criados pelo mundo tecnológico, e seus elaboradores começam a falar em *crise da modernidade.*

Entre as muitas críticas às ciências modernas e seus desdobramentos tecnológicos encontramos a teoria crítica da Escola de Frankfurt, que permite uma análise crítica da epistemologia científica e da tecnologia produzidas na sociedade, sem negar os importantes avanços conquistados pela humanidade a partir da ciência moderna. Entre os teóricos desta Escola, destaca-se Jürgen Habermas em sua fase mais recente com a explicitação da *Teoria da Ação Comunicativa.* Para Habermas, a racionalidade não se constitui em uma faculdade abstrata, inerente ao indivíduo, mas em um procedimento argumentativo sobre verdade, justiça, autenticidade e outros valores morais cultivados pela sociedade (Freitag, 1988). Através deste procedimento, instalado dialogicamente entre os interlocutores, é que se chega a um *consenso* pela argumentação. Para Habermas, segundo Freitag (1988 :61), a razão comunicativa está no ponto de intersecção do mundo objetivo das coisas, o mundo social das normas e o mundo subjetivo dos afetos.

Ao analisar a modernidade e sua crise, Habermas vê um hiato criado entre o mundo vivido das pessoas e o sistema (im)posto pela razão instrumental e a técnica regidos pelo poder econômico e político. Nesta imposição do mundo sistêmico, o mundo vivido das pessoas é sufocado pela linguagem universal do poder econômico e a sua lógica. A exclusão do mundo da vida, segundo Habermas, ameaça a sobrevivência da razão comunicativa e isto gera a crise da modernidade. O que deve ser feito é o resgate do perdido e, com isto, a reorientação da razão instrumental aos limites necessários nas sociedades modernas. São os valores e normas postos pela técnica que devem ser questionados, regenerando a ação comunicativa de todos os atores sociais pela melhor argumentação.

Habermas propõe a teoria evolutiva de modernidade segundo a qual a sociedade teria o ganho da competência técnica e instrumental que pudesse satisfazer a todos, e a racionalização das esferas de valor consensualmente estabelecidos. Isto é, no fundo, "um ato de fé" na capacidade de aprendizado dos sistemas socioculturais modernos por todos os grupos sociais. Se isto não acontecer, perdurarão as incongruências e as injustiças, e a crise da modernidade afetará, igualmente, a todos.

As peças chaves da teoria mais avançada de Habermas, segundo Freitag, são a concepção dialógica (comunicativa) da razão e o processo de construção da verdade. Razão e verdade resultam da interação do indivíduo com o mundo. A linguagem da razão comunicativa está nas esferas de valor da arte, da ciência, do direito, da moral. Com esta teoria, na verdade eclética, segundo Freitag, Habermas não pode mais ser chamado pensador marxista (sentido da ortodoxia, pois relativizou a base econômica), embora, em sua teoria, permanecesse o compromisso com a emancipação dos indivíduos e dos grupos. **"Só a modernidade pode criar as condições para uma vida plenamente livre, tanto na esfera econômica -pela eliminação da escassez- quanto na esfera política -pela criação das estruturas gerais de um Estado radicalmente democrático- quanto na esfera cultural"** (Freitag, 1988 :152).

Conforme Pinto (1996 :83-4), as teses de Habermas podem ser sintetizadas para dois pontos:

> **- "o processo de evolução social é marcado pela crescente racionalização do mundo da vida, a qual implica em progressiva demanda, como agente de coordenação da ação, pelos mecanismos de alcançar o entendimento mediados lingüisticamente, os quais acabam sobrecarregados;**
>
> **- "(...)a sobrecarga sobre os processos comunicativos, aliada à crescente diferenciação sistêmica, acaba por abrir caminho para que os meios deslingüistificados (dinheiro, via mercado e poder, via administração burocrática) assumam cada vez mais as funções de coordenar as ações alijando para a periferia do sistema os processos comunicativos mediados lingüisticamente. Ocorre reificação das estruturas simbólicas do mundo da vida levada a efeito pelos imperativos sistêmicos que se tornaram auto-suficientes. A esse processo de reificação ele deu o nome de colonização do mundo da vida".**

O que temos de fazer hoje é esta descolonização do mundo da vida, responsável pelas patologias de que sofre a organização da sociedade em geral e das instituições em particular. Entre estas instituições temos a escola, agente fundamental na construção/ reconstrução cultural, da socialização e da formação da personalidade, exatamente os elementos estruturantes do mundo vivido ou do mundo da vida. Ao invés de garantir a produção/reprodução das estruturas simbólicas do mundo da vida tenta-se

> **"a transmissão cultural calcada em cientificismo de cunho positivista, em processos de socialização que nada mais fazem do**

> **que preparar o campo para a manipulação da lealdade de massas pela mídia e pela indústria cultural e, em mecanismos de formação da personalidade que, ou levam a um individualismo exacerbado e niilista, ou a uma formação absolutamente débil de vontade"** (Pinto, 1994 :97).

Com a teoria da ação comunicativa de Habermas pretende-se

> **"uma situação ideal em que os homens possam chegar a um entendimento mútuo sobre questões vinculadas ao mundo objetivo das coisas (ciência), ao mundo social das normas (moral e ao mundo subjetivo das vivências e emoções (arte). Não seria uma fusão dos três mundos, como ocorria nas sociedades tradicionais, pois qualquer volta à indiferenciação arcaica privaria o homem dos ganhos de autonomia proporcionados pela modernidade cultural, mas uma interpretação das diferentes esferas que preservariam sua identidade, mas deixariam de ser estanques."** (Rouanet, apud Fensterseifer, 1995 :79).

As patologias da sociedade e das instituições são atribuídas à sobreposição de uma das racionalidades, a racionalidade instrumental ou ação instrumental (Habermas), ou à hegemonia do saber científico conquistado pela primeira ruptura epistemológica, em comunidades científicas autônomas, sem ter havido o "retorno" do conhecimento produzido através da segunda ruptura (Souza Santos), ou, ainda, às propostas de aplicação do conhecimento segundo a racionalidade técnica (Schön). O importante é que nas três teorias se reconhecem os valores e conquistas feitas a partir da modernidade e, ao mesmo tempo, se discute a crise do paradigma dominante da ciência moderna. Há em comum, ainda, a defesa de se tratar as situações práticas, o mundo da vida e os contextos estruturais, como um complexo global, sem fazer as simplificações e reduções próprias do paradigma positivista, agora em crise. À medida que formos construindo e analisando os dados da situação aqui em estudo, serão aprofundadas as propostas teóricas de ruptura com o estado de crise do contexto abordado.

A concepção de conhecimento de Habermas, a partir da teoria da ação comunicativa, muda o foco da teoria clássica do conhecimento, centrado sempre na relação sujeito/objeto - com a predominância de um ou de outro ou da interação entre ambos - para as relações comunicativas entre os sujeitos com as quais eles se entendem sobre os objetos. E esta foi uma opção de mudança de paradigma filosófico:

o paradigma da *filosofia da consciência* para o paradigma da *filosofia da linguagem ou da comunicação* (Boufleuer, 1997). No primeiro paradigma

> **"a preocupação fundamental permanece ligada ao tema do auto-esclarecimento da consciência frente ao mundo. Ou as 'idéias claras e distintas' são perseguidas na consciência, ou esta as persegue na realidade. (...) No paradigma da comunicação, o esforço não consistirá em saber como o sujeito pode conhecer e dominar objetos e situações, mas como pode ele chegar a um entendimento com outros sujeitos sobre algo no mundo"** (Boufleuer, 1997).

Concebido assim o conhecimento, a linguagem torna-se o ponto de partida do conhecimento e a própria constituição do sujeito como ser social e político. Mediado pela linguagem e outras formas lingüisticas é que o sujeito desenvolve suas potencialidades mais especificamente humanas (Vygotsky,1987), tornando-se participante ativo de seu contexto cultural[2]. O conhecimento se constitui na relação *intersubjetiva* dos atores sobre algo no mundo através da dialogicidade e não na relação do sujeito, em reflexão solitária, com o objeto que procura conhecer e dominar. Supera-se, desta forma, o individualismo da filosofia da consciência e a própria idéia de sujeito epistêmico, conforme Marques (1993 :79), onde a referência básica passa a ser o grupo que interage e produz o conhecimento, coletiva e consensualmente validado. A linguagem é meio de fazê-lo, sempre com o objetivo de chegar à compreensão conjunta sobre algo dentro do contexto cotidiano. O dizer algo dentro do contexto cotidiano implica referir-se a algo no mundo objetivo, social e subjetivo, sempre na perspectiva de suas totalidades, conforme Habermas (in Marques, 1993 :80). A verdade que se impõe, e que seja, necessariamente, válida para todos, desaparece dentro do paradigma da comunicação de Habermas. Com o novo paradigma a ***"verdade é uma pretensão de validade"*** sobre determinada situação ou processo social que permite a argumentação contra ou a favor. Serão racionais as proposições ***"que foram validadas nesse processo argumentativo, onde o consenso foi alcançado sem deformações externas, resultantes da violência, ou internas, resultantes da falsa consciência, através de provas e contraprovas, de argumentos e contra-argumentos"*** (Rouanet, 1987 :14).

[2] Tanto Habermas quanto Vygotsky buscam na mediação da linguagem a constituição dos sujeitos. Os caminhos são, no entanto, muito diversos. Enquanto Habermas, apoiado em Piaget, vê o sujeito se socializando através da gradativa socialização, Vygotsky vê o sujeito inserido em contexto social do qual capta os significados e os internaliza recriando-os conforme suas vivências.

No próximo item, discutirei a construção/reconstrução do conhecimento e a constituição dos sujeitos, proposto intencionalmente na interação professores/alunos nas escolas e, mais especificamente, nas aulas. Centrarei mais o foco de preocupação sobre os pontos de vista da psicologia, sem esquecer que os indivíduos estão e atuam em um contexto sociocultural no qual produzem os primeiros conhecimentos sobre o meio e se constituem sujeitos na relação intersubjetiva, sempre na forma da mediação, através dos outros sujeitos e através dos instrumentos e signos disponíveis nesse meio.

II.4 - *Processos de ensino/aprendizagem em ciências: novos rumos*

II.4.1 - Modelos de ensino e aprendizagem em ciências com base em idéias construtivistas

A pesquisa educacional praticada na década de 1980, relativa à formação científica dos estudantes no Ocidente, pode ser caracterizada como a década do *movimento de idéias alternativas,* na expressão de Millar (1989), sobre tópicos específicos de ciências ou conceitos científicos e da proposição de novos modelos de ensino tendo em vista a *mudança conceitual.* De alguns poucos, trabalhos com essas preocupações, até meados da década de 70 (Millar, 1989), a produção de artigos cresceu tanto na década de 80 que Pfundt e Duit (1991) já haviam catalogado 2400 trabalhos até o início dos anos 90. Sobre a contribuição desse movimento, Robin Millar fez a seguinte apreciação em seu artigo crítico:

> **"Há poucas dúvidas de que o *movimento de idéias alternativas* fez uma significativa contribuição à pesquisa no ensino de ciências e à nossa avaliação do que está envolvido em seu aprendizado. Além disso, tem levado a pesquisa na área do ensino de ciências para a sala de aula e para os laboratórios escolares, pondo-a em contato com a realidade dos professores, transformando em foco de atenção detalhes específicos do aprendizado de matérias subjetivas; desafiando antigos paradigmas dominantes no ensino de ciências que tratavam o processo de aprendizagem como uma "caixa preta" e visto apenas como uma relação estímulo/resposta"** (Millar, 1989 :587)

Todas essas pesquisas focam bastante a questão do ensino e aprendizagem e mais especificamente a aprendizagem. Millar chega a afirmar que o modelo

construtivista de ensino permite que a ciência possa ser ensinada de qualquer maneira, isto é, independente da concepção que se tenha dela, desde que o aluno seja envolvido ativamente e se proponha a fazer o papel intelectual de reconstrução de significado da ciência. Esta afirmação foi possível, talvez, pela demasiada ênfase que se deu ao papel ativo do aluno, esquecendo-se o papel também ativo do professor e do meio social na construção/reconstrução de significados dos conceitos científicos. A mesma ênfase permitiu um considerável consenso, entre os educadores de ciências, de que é o aluno o ator e o construtor de seu saber e de que ele não é *tabula rasa* que chega à escola para sobre ele "escrever" ou "imprimir" as noções aceitas de ciências ou outros conhecimentos. Mortimer (1994) assim resumiu as características compartilhadas nas visões construtivistas de ensino/aprendizagem: **"a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que essa só é possível a partir do que o aluno já sabe"** (Mortimer, 1994 :9).

Muitos trabalhos mostram que os alunos possuem idéias de explicação sobre fenômenos do cotidiano, e que estas idéias são diferentes daquelas aceitas pela ciência, havendo, mesmo, uma certa regularidade nas idéias que os diversos indivíduos manifestam. Embora não haja consenso de como essas idéias se formam, os contextos sociais são vistos como fatores importantes. Giordan (1989) fala que os indivíduos possuem representações próprias e que são elaboradas **"na interação entre suas representações pessoais e as informações significativas que podem conseguir no contexto em que se encontram, ou seja, esta construção se dá de todas as informações mediatizadas e as experiências da vida cotidiana"** (Giordan, 1989). Neste sentido, as explicações dadas pelos alunos têm sentido, mesmo que não sejam aquelas que a ciência propõe como verdadeiras ou válidas hoje. Estas idéias não foram vistas como isoladas pelas teorias construtivistas, mas como fazendo parte de um esquema de visão das coisas e dos fenômenos e, por isso mesmo, "**elas são, muitas vezes, tão resistentes às mudanças que comprometem a aprendizagem das idéias que ensinamos, além de determinarem como eles [os alunos] e entendem e desenvolvem as atividades que lhe apresentamos em nossas aulas"** (Schnetzler, 1994).

Os modelos de ensino mais produzidos na mesma época visavam a enfrentar, de forma mais eficaz, essas idéias "erradas" dos alunos. Produziu-se uma nova ênfase, a da *mudança conceitual*, e que foi hegemônica até 93/94. Pela mudança conceitual o aluno abriria mão de suas explicações *pré-científicas* por estas conflitarem com as

científicas e se mostrarem menos plausíveis (Posner et al. 1982) e adotaria as explicações científicas, quando inteligíveis e se mostrarem mais plausíveis e frutíferas que as anteriores. Muitos outros trabalhos procuram, de uma forma ou outra, produzir a mudança conceitual nas salas de aula de ciências, entre os quais podemos citar: Nussbaum e Novik (1982), Hashweh (1986), Driver e Oldham (1986), Osborne e Fryberg (1985), Axt et al. (1991). Em todos esses trabalhos ressalta-se a permanência das idéias após a aplicação de um programa de ensino, principalmente o ensino tradicional que desconhece a existência de idéias e de esquemas de explicação na mente das pessoas. Os modelos produzidos propõem, geralmente, estratégias para que as idéias dos alunos sejam explicitadas, analisadas e expostas a conflitos para que dêem lugar às novas idéias. Outros não acham essencial que as idéias sejam explicitadas e procuram a mudança conceitual através da interação entre as idéias pré-existentes e novas situações que seriam proporcionadas pelos ensino (Millar 1989, por exemplo). Há, ainda, outros pesquisadores que aceitam as idéias prévias dos alunos e procuram estabelecer analogias com as idéias novas a serem estabelecidas pelos alunos sobre determinado fenômeno. Essas analogias são concebidas, às vezes, de uma forma muito simples em que basta alguma similaridade, correspondência ou paralelismo, mesmo que superficial, entre o conceito científico e o que é proposto como analogia, para que o aprendiz "adquira" um conceito científico (Lawson, 1993 :1213). Duit (1991) já exige características mais estruturais, entre o conceito científico e a situação analógica apresentada, para que uma analogia seja considerada, potencialmente, interessante e, assim, a mudança conceitual possa ocorrer. Há sempre a possibilidade de que o uso da analogia não produza os efeitos desejados, conforme mostram resultados de pesquisa sobre analogias em livros didáticos de Química (Thiele & Treagust, 1995). Muitas vezes os estudantes confundem a analogia com o conteúdo científico a que se propunha explicar, ou os estudantes lembram da analogia e não do conceito que visava formar.

O ideal da *mudança conceitual* no ensino de ciência, pela aplicação dos modelos construtivistas produzidos até aqui, parece não se cumprir de forma satisfatória, conclui Mortimer em sua pesquisa:

> **"Esses resultados disponíveis na literatura confirmavam nossos próprios achados iniciais de que não seria adequado descrever o processo de ensino como uma substituição de idéias prévias dos alunos por idéias científicas. Isso nos impunha a tarefa de buscar um modelo teórico alternativo para analisar a**

> **evolução conceitual em sala de aula. Esse modelo deveria admitir a possibilidade de se usar diferentes formas de pensar em diferentes domínios e, ainda, permitir que a construção de uma nova idéia pudesse, em algumas situações, ocorrer independentemente das idéias prévias e não necessariamente como uma acomodação de estruturas conceituais existentes"** (Mortimer, 1994 :32).

Mortimer propõe a *noção de perfil conceitual* como alternativa para a construção de estratégias de ensino e, principalmente, de análise da evolução conceitual (Mortimer, 1995). A *noção de perfil conceitual*, proposta por Mortimer, deriva da *noção de perfil epistemológico"* que Bachelard usa para explicar as diferentes formas que as pessoas têm de ver e representar o mundo. Através desse modelo, Mortimer (1995), conseguiu analisar o processo ensino/aprendizagem de conceitos químicos, como estados físicos da matéria e modelos atômicos, sem se preocupar se o aluno fez a *mudança conceitual*. Esta não é necessária, segundo o modelo proposto, para indicar aprendizagem no processo. A análise da *mudança de perfil conceitual* seria indicativa da aprendizagem dos alunos, podendo estes apresentar um *perfil* com aumento da *zona racional* e diminuição de outras zonas como a *realista* ou *empírica*, mantendo todas as idéias anteriores e que fazem sentido na vivência diária. O processo de ensino daria consciência dos diferentes domínios aos quais as idéias estariam ligados ou a consciência de seu perfil conceitual. Isto permitiria às crianças e adolescentes conviver com idéias epistemologicamente contraditórias, sem prejuízo de discernimento sobre a aplicação de um conceito ou outro em dada situação.

Sem dúvida, um ensino praticado com base na noção de perfil conceitual poderá representar um avanço considerável na concepção construtivista. Há que se destacar, nesse modelo, a participação essencial do professor no processo, principalmente pela mediação que exercerá na formação do estado consciente ou da consciência do perfil conceitual do aprendiz e em que domínio se encontram as diferentes idéias dele. No entanto, penso ser necessária uma crítica mais radical aos pressupostos construtivistas de ensino e aprendizagem de ciências em nossas escolas, focando, com mais cuidado, a constituição das idéias prévias dos alunos, como elas interagem na formação das idéias científicas em nível de escola e como estas permitem o desenvolvimento da inteligência dos indivíduos. É necessário, ainda, pensar sobre as implicações sociais que uma determinada concepção de ciências

proporciona e de como ela poderia se tornar preocupação constante para a melhoria da qualidade de vida de todas as pessoas. Com estas e outras preocupações queremos projetar os resultados de nosso trabalho pedagógico também para fora do sistema escolar. Como agimos hoje, parece que a preparação das crianças e adolescentes se inclina, apenas, sobre o sistema escolar e para dentro dele.

As concepções construtivistas mais influentes, em nosso meio, relativas à educação científica, buscaram sua base teórica nas teorias psicológicas e concepções epistemológicas de Piaget. Daí vêm um dos princípios construtivistas mais consolidados: *as crianças constroem ativamente sua própria interpretação dos eventos*. Este princípio, usado pelas pedagogias progressistas, foi uma alternativa importante à visão positivista tradicional de *transmissão/recepção*. O'Loughlin (1992) lembra a metáfora de uma criança solitária, em capa de livro - Children's Minds, 1978 - manipulando duas peças de madeira tentando construir e entender um fenômeno, para lembrar esse período da atividade pedagógica centrada no aluno. Segundo O'Loughlin, os proponentes do construtivismo seguem, claramente, uma linha piagetiana em suas propostas ou derivam implicações pedagógicas e curriculares com base em Piaget. Este tipo de construtivismo, ainda segundo O'Loughlin, impede as possibilidades para o desenvolvimento de uma pedagogia que seja, verdadeiramente, emancipatória e transformadora. Ou seja, não há espaço, nesse tipo de construtivismo, para fortalecer a atividade social dos alunos e a sua capacitação para entender o meio físico e social, tendo em vista a sua transformação.

II.4.2 - **Um possível modelo sociocultural de ensino e aprendizagem em ciências**

O'Loughlin, em seu artigo crítico ao construtivismo ainda hegemônico, não propõe a sua rejeição, mas propõe um modelo *sociocultural* de ensino e aprendizagem, com base na tendência sociohistórica ou histórico-cultural de entender o sujeito cognoscente. A base teórica seriam as teorias e concepções de Vygotsky, e outros da mesma tendência, sobre a constituição do sujeito. Segundo essa base teórica, a cognição do sujeito, bem como o desenvolvimento de suas características mentais superiores - as características essencialmente humanas - acontecem na interação mediada com o mundo sociocultural em que se acha inserido o indivíduo. Há, nesta concepção, uma ênfase no caráter histórico-cultural dos processos de conhecimento e de desenvolvimento da consciência e outras faculdades mentais, através da mediação dos instrumentos e dos signos, entre estes, a linguagem. As

primeiras idéias sobre as coisas e os fenômenos, ou as idéias prévias em contexto construtivista, também são elaborações individuais próprias, mas são derivadas da *internalização* das significações inicialmente vivenciadas em interação com os outros. **"A gênese e natureza do fenômeno psíquico não podem ser encontrados na profundeza do código genético e nem nas alturas insondáveis do espírito, mas no processo sociointeracional da vida"** (Damaceno & Guerreiro, 1991 :16).

Segundo Maria Cecília Góes (1991), o indivíduo, na perspectiva *vigotskiana*, constitui suas formas de ação e sua consciência através do mecanismo da internalização progressiva das funções principais construídas ao longo da história social dos homens, numa constante interação com os outros ou na intersubjetividade. Nesse sentido a intersubjetividade "**não é o plano do outro mas a relação com o outro**". Pelo outro a criança entra em contato com o mundo e se desenvolve como indivíduo na interface do individual e do social. A formação das idéias ou dos primeiros conceitos não se dá mais espontaneamente e sim na interação com os outros. As idéias e concepções, embora sejam re-elaboradas na mente dos próprios indivíduos, têm significados que, de alguma forma, refletem as vivências culturais do meio em que estão envolvidos. A gênese dos conceitos científicos segue caminho diferente da gênese dos conceitos cotidianos, embora, em ambos, os primeiros sentidos sejam adquiridos na interação com o outro. Na formação dos conceitos científicos é fundamental a organização, a sistematização e intencionalidade de atingir um conhecimento com determinadas características, só possível com ensino e instrução. Os conceitos do cotidiano, por outro lado, não guardam um significado preciso e constituem, segundo Vygotsky, "pseudoconceitos" ou categorias vagamente definidas. Sendo diferentes os caminhos da gênese destes dois tipos de conceitos a aprendizagem científica não é apenas uma *mudança conceitual,* pela qual o sujeito passa de um tipo de conceito para outro, **"mas é a passagem de uma forma de conceituar para outra"** (Pozo et al., 1991 :89).

> **"Estes caminhos diferentes na formação de conceitos - ascendente ou indutivo no caso dos conceitos espontâneos e descendente ou dedutivo no caso dos conceitos científicos - dão lugar a uma interação entre ambos, na qual a instrução formal - como veículo da construção sociocultural do conhecimento - desempenha um papel fundamental"** (Pozo et al., 1991 :90).

Estes caminhos se influenciam mutuamente, segundo Vygotsky, em progressão em sentidos opostos. Os conceitos científicos se enriquecem de vivência e

concretude, indo ao encontro dos conceitos cotidianos, e estes se organizam, adquirindo novos significados, mais generalizante, menos "pregados" na vivência. Mas nada disso acontece sem a mediação dos instrumentos próprios da escola: **"o aprendizado escolar induz o tipo de percepção generalizante, desempenhando, assim, um papel decisivo na conscientização da criança dos seus próprios processos mentais"** (Vygotsky, 1987 :79).

Vygotsky usa a metáfora do aprendizado da língua estrangeira para explicar melhor a influência dos conceitos no desenvolvimento mental das crianças e adolescentes. O ato de aprender uma língua estrangeira é um ato intencional, um processo consciente e deliberado desde o seu início, em que a pessoa é estimulada a aprender primeiro as estruturas superiores da língua. É um caminho muito diferente do aprendizado da língua materna em que se aprende primeiro os aspectos primitivos e inferiores da língua. Mesmo assim o aprendizado de ambas é influenciado reciprocamente. Toma-se consciência das estruturas de uma língua ao se aprender a língua estrangeira.

É assim com os conceitos científicos: "**a consciência reflexiva chega à criança através dos portais dos conhecimentos científicos"** diz Vygotsky.

> **"Nos conceitos científicos que a criança adquire na escola, a relação com um objeto é mediada, desde o início, por algum outro conceito. Assim, a própria noção de conceito científico implica uma certa posição em relação a outros conceitos, isto é, um lugar dentro de um sistema de conceitos. É nossa tese que os rudimentos de sistematização primeiro entram na mente da criança, por meio de conceitos científicos, e são depois transferidos para os conceitos cotidianos, mudando sua estrutura psicológica de cima para baixo"** (Vygotsky, 1987 :80).

A contribuição mais crucial de Vygotsky para analisar as idéias dos alunos é a firmeza com que propõe a natureza sociocultural dos processos cognitivos. Aí temos de considerar tanto os processos cognitivos na formação dos conceitos cotidianos quanto na formação dos conceitos científicos. Nessa perspectiva temos de buscar as idéias manifestadas pelos alunos na sua origem social e se elas diferem das concepções científicas, como mostram as intensas pesquisas em concepções alternativas nas últimas décadas, é porque as explicações próprias da ciência não fazem parte do contexto cultural. Ou seja, mesmo dentro do contexto da civilização industrial e tecnológica, possível pelos conhecimentos científicos, os bens tecnológicos fazem parte do cotidiano das pessoas mas a base científica que os

proporcionou não faz parte da cultura. O pensamento científico, com base na razão moderna, só é possível se houver uma ruptura com o senso comum de pensar os eventos do meio. O simples contato com os bens tecnológicos, mesmo os de alta tecnologia, não proporciona essa ruptura. Isto poderia explicar porque as crianças chegam à escola com muitas informações produzidas pelo conhecimento científico e apresentem concepções pré-científicas, próprias do senso comum, sobre conceitos como calor, temperatura, estrutura da matéria, respiração, evolução, energia elétrica, etc. É a forma de conceitualizar, própria da ciência, e a explicação da ciência para além das aparências, que não faz parte do meio cultural, mesmo que as pessoas tenham alta escolarização. Ou, ainda, embora seja a ciência uma produção social ela não faz parte do patrimônio cultural da população, porque oculta nos produtos tecnológicos, estes sim, consumidos pela população em maior ou menor grau.

O conhecimento científico criado, nos últimos três séculos da humanidade, deu-se em confronto com o conhecimento do senso comum, caracterizando a primeira ruptura epistemológica necessária. Este conhecimento autônomo constitui a ciência moderna e que chega à população apenas na dimensão da aplicação técnica, conforme argumentamos anteriormente, com base em Schön, Souza Santos e Habermas. Continuar a produzir esse tipo de conhecimento não tem sentido, diz Souza Santos, **"se ele não se destinar a transformar o senso comum e a se transformar nele"** ou, se não acontecer a segunda ruptura a população não terá acesso à ciência como bem cultural. Dentro da primeira ruptura apenas, produziu-se um conhecimento autônomo de tal forma hegemônico que não deixou espaços para outros saberes da população e, também, uma comunidade científica relativamente autônoma, embora heterogênea e sujeita a múltiplas determinações, conforme Souza Santos. Essa comunidade produz ciência para dentro dela, com um discurso que lhe é peculiar, mas os produtos advindos dessa ciência destinam-se, na sua maior parte, para fora dela, sem proporcionar, no entanto, a segunda ruptura. Com isso o conhecimento científico não vai fazer parte da cultura da população (apenas os produtos tecnológicos), além de marginalizar outros saberes da "sabedoria prática". O modelo da segunda ruptura, proposto por Souza Santos, para a produção de um conhecimento novo capaz de práticas esclarecidas e gerador de competências cognitivas e comunicativas, pode proporcionar novos discursos que permitiriam um entendimento mais democrático sobre os rumos que a sociedade deveria tomar, sem a aplicação de uma única racionalidade que é a racionalidade técnica ou instrumental.

> **"... a dupla ruptura procede a um trabalho de transformação *tanto* do senso comum *como* da ciência. Enquanto a primeira ruptura é imprescindível para constituir a ciência, mas deixa o senso comum como estava antes dela, a segunda ruptura transforma o senso comum com base na ciência. Com essa dupla transformação pretende-se um senso comum esclarecido e uma ciência prudente, ou melhor, uma nova configuração do saber que se aproxima da *phronesis* aristotélica, ou seja, um saber prático que dá sentido e orientação à existência e cria o hábito de decidir bem. (...) A dupla ruptura epistemológica tem por objeto criar uma forma de conhecimento, ou melhor, uma configuração de conhecimentos que, sendo prática, não deixe de ser esclarecida e, sendo sábia, não deixe de estar democraticamente distribuída. (...) A nova configuração do saber é, assim, a garantia do desejo e o desejo da garantia de que o desenvolvimento tecnológico contribua para o aprofundamento da competência cognitiva e comunicativa e, assim, se transforme num saber prático e nos ajude a dar sentido e autenticidade à nossa existência"** (Souza Santos, 1989 : 41-42).

A superação da pedagogia em curso, que sempre reforça uma concepção de prática científica e de outras práticas hegemônicas derivadas da racionalidade técnica ou da ciência produzida na primeira ruptura epistemológica, é um desafio para os educadores. Até aqui, sempre tivemos a preocupação de sermos mais eficientes em sala de aula para que os alunos atingissem níveis de compreensão da ciência compatíveis com o desenvolvimento científico praticado pela comunidade científica, sem termos tido a preocupação de como essa ciência poderia transformar a vida prática das pessoas, tornando-as mais competentes e participativas em seu meio social. A preocupação hegemônica entre os educadores de ciência, bem como dos administradores e autoridades educacionais, foi, até aqui, a pouca eficiência do ensino praticado ou o baixo nível de conhecimento científico demonstrado pelas crianças, jovens e adolescentes. Os modelos pedagógicos alternativos produzidos, tanto nos anos 60/70 como na década de 80, não conseguiram mudar o foco de preocupação com o ensino de ciências: como os indivíduos "adquirem", de forma mais fácil e com mais intensidade, os conhecimentos científicos hegemônicos aceitos pela comunidade científica. Os modelos pedagógicos produzidos com base no construtivismo piagetiano (O'Loughlin) centram-se no indivíduo e têm como preocupação a construção do conceito científico, hoje aceito, nos e pelos indivíduos. Essa pedagogia,

descolada do meio social mais amplo, apenas vai reforçar o individualismo que impregna sempre mais a cultura ocidental. Há a necessidade de termos outras preocupações, que se projetem para fora das salas de aula e enderecem questões como a diversidade cultural, relações de poder, contexto social de produção, subjetividade, transformação social, melhoria da qualidade de vida, etc., e reafirmem os princípios de igualdade, liberdade, participação, solidariedade humana, democracia, etc. Tudo isso o construtivismo piagetiano não consegue alcançar, diz O'Loughlin, não importa o nome que demos aos modelos pedagógicos que produza.

Um ***modelo pedagógico sociocultural ou histórico-cultural*** pode criar novas perspectivas e criar novos significados para o que seja o ensino e aprendizagem em ciências hoje. A primeira coisa que poderá proporcionar é mostrar que conhecimento científico é uma construção humana como outras e, portanto, ele não pode se voltar contra as pessoas, ao contrário, deve servir para ajudar as pessoas a terem melhores condições de vida. Lave (1988) afirma que as pesquisas cognitivistas convencionais, que estudam a racionalidade, propõem tarefas **"para refletir normas de 'pensamento científico' mais do que a 'prática científica' ou outras práticas [sociais]"** (Lave, 1988 :79). Com isto se esquece que os modelos racionais, universalistas e descontextualizados de pensamento, são construções culturais próprias do pensamento científico hegemônico, produzidas com a primeira ruptura epistemológica, no dizer de Souza Santos. As pedagogias que apenas reforçam isso não vão proporcionar as condições para a segunda ruptura, como vimos anteriormente.

A força da abordagem sociocultural, para criar novas perspectivas na educação científica, está na ênfase do papel crítico da linguagem como mediação para a construção de significados novos para as práticas sociais, entre as quais, a prática científica e a prática educacional.

> **"A linguagem atua como força objetivamente ao designar objetividades extrínsecas ao homem, isto é, coexteriorizar a primeira e fundamental abstração/separação do sujeito cognoscente e do objeto conhecido, materializando a representação/operação do sujeito sobre o objeto. Atua, assim, o sistema de signos verbais e não-verbais, como mediador entre a realidade pressuposta pela ação humana e a intersubjetividade dos sujeitos, onde se funde o espaço público da fala política e das instituições, o espaço da construção/ordenação do mundo e da**

> **construção/ordenação dos homens no mundo"** (Marques, 1988 :111).

Através da linguagem pode-se tanto desconstruir as noções, sempre reforçadas, de indivíduos como seres racionais e autônomos - como que operando mentalmente no vácuo (Wertsch) - quanto construir um processo cultural em que os significados são constituídos coletivamente, numa relação de muitas vozes (Bahktin). Este novo processo cultural permitirá superar o modelo tradicional de ensino por transmissão/recepção e instalar o processo dialógico em sala de aula, tendo em vista a educação emancipatória (Freire) e o cultivo de valores de justiça e solidariedade.

Uma organização do ensino, segundo Souza e Kramer (1991), interpretando Vygotsky, pode derivar em desenvolvimento mental e desencadear outros processos que não ocorreriam espontaneamente. O princípio de Vygotsky (1987), segundo o qual, ***"o bom aprendizado é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento"***, além de permitir um certo otimismo pedagógico é capaz de desencadear entusiasmo pela educação - que diante das carências não poderíamos mais manifestar - para desenvolvermos os novos valores sociais apontados antes.

> **"A escola é o lugar onde a criança entra em contato com uma série de conhecimentos que ela pode não vivenciar diretamente, mas que lhe possibilita uma compreensão mais ampla do mundo que a rodeia. Ora, ao colocar em destaque o papel da escola e ao questionar a qualidade das relações interpessoais que ocorrem em seu interior, a abordagem de Vygotsky ganha dimensão política que a torna bastante atual e justifica o enorme interesse suscitado, recentemente, por seus trabalhos no âmbito da pesquisa educacional"** (Souza & Kramer, 1991 :79).

Para Vygotsky, a escola desempenha papel fundamental no desenvolvimento dos processos psicológicos superiores da criança. É ali que a criança, em situação de sala de aula, com recursos mediacionais adequados para ter acesso ao conhecimento sistematizado, com ajuda explícita do professor, e de domínio de novos instrumentos de mediação, é lançada para novos domínios que a sua vivência fora da escola, dificilmente, alcançaria. **"O aprendizado escolar induz o tipo de percepção generalizante, desempenhando, assim, um papel decisivo na conscientização da criança dos seus processos mentais"** (Vygotsky, 1987 :79).

A mente das pessoas é *elástica* e *ilimitada* (Smagorinsky), podendo desenvolver-se em múltiplas direções, dentro dos mais diversos contextos culturais e

com potencial de crescimento ilimitado. Isto pode apreender-se a partir da concepção de *zona de desenvolvimento proximal (ZDP)* explicitada por Vygotsky. ZDP é chave no relato genético de desenvolvimento de Vygotsky, nos diz Smagorinsky (1995) com base em Wertsch (1988), pois contempla os três temas centrais de seu esquema teórico: *confiança num método genético de desenvolvimento; suposição da origem social da consciência; processos mentais são mediados por instrumentos e signos.* Constitui ela, segundo o próprio Vygotsky, uma faixa potencial de aprendizagem de cada pessoa onde aquela aprendizagem é mudada culturalmente pelo meio social na qual acontece. O meio social, ao qual pertencia Vygotsky, ordenava as suas atividades e seus relacionamentos, bem como, pensava os seus valores culturais, através de um sistema poderoso de signos, que é a fala. Assim, para Vygotsky, a fala é o recurso primário de mediação e o pensamento científico, ou pensamento descontextualizado, a forma mais elevada de desenvolvimento. Esta é uma forma particular de ver desenvolvimento, diz Wertsch, produzida em um meio cultural particular. Há outros sistemas de signos que podem mediar pensamento e atividade. **"O processo mediacional é estabelecido nas maneiras pelas quais as pessoas investem signos com significado, particularmente, as maneiras nas quais os membros de uma cultura estruturam a sociedade de acordo aos significados repartidos para os signos"** (Smagorinsky, 1995 :194).

É assim que desenvolvimento pode tomar muitas direções (Tulviste, 1991), não havendo uma forma universal de desenvolvimento otimizado ou uma forma de uma determinada cultura julgar uma outra sob um ponto de vista específico. O desenvolvimento vai acontecer em uma certa direção quando o aprendiz aceita o sistema de valores sustentado pela estrutura semiótica do meio e o assume como necessário para a ação naquele meio. **"A extensão com a qual uma pessoa internaliza os valores de uma forma cultural de conhecer depende de seu grau de harmonia [acordo] com os instrumentos culturais que mediam o desenvolvimento"** (Smagorisnky, 1995 :195).

Sem esse acordo, ou essa harmonia, a negociação do conhecimento cultural, entre aprendizes e outros membros de um meio cultural, torna-se impossível e, assim, não será atingida a ZDP por uma ação educativa, não haverá internalização do que foi proposto entre os membros sociais - por exemplo, professor/alunos - e, por conseqüência, nem desenvolvimento mental. Por outro lado, a ZDP tem grande significância metodológica para os educadores, porque a ação educativa nessa faixa potencial permite uma *performance* assistida melhor ao aluno e um conseqüente

desenvolvimento mental. É essa faixa potencial que permite especular uma mente *elástica*, pela qual o crescimento cognitivo pode dar-se em diferentes direções de acordo com o meio cultural em que o indivíduo esteja inserido, e ilimitada em termos de potencial de crescimento.

A noção de mente ilimitada se refere ao potencial de crescimento cognitivo individual e também à locação física. A argumentação de Smagorinsky, também com base em Wertsch, adotando uma posição neo-vygotskyana, é a de que a mente, inerentemente social, se desenvolve de acordo a códigos culturais específicos. São eles os instrumentos mediadores que tornam possível o desenvolvimento dos processos mentais superiores e são parte dos processos. São, igualmente, instrumentos psicológicos e culturais centrais ao pensamento e desenvolvimento humanos. **"Porque centrais ao pensamento e sociais na origem, são, necessariamente, parte do desenvolvimento cognitivo enraizado culturalmente"** (Smagorinsky, 1995 :197). Desta forma, ZDP não é restrito a um sistema simbólico interno de um indivíduo, mas inclui os instrumentos em um contexto social pelos quais os indivíduos mediam pensamento e atividade. A mente se estende para além da pele, no dizer de Wertsch e é socialmente repartida. Daí ser ilimitada, inseparada dos instrumentos de mediação, também corporificados nos objetos, se estendendo para dentro do mundo material. A eles se atribuem, socialmente, significação de instrumentos de mediação, ou seja, tornam-se instrumentos psicológicos. Estes instrumentos ligam as mentes individuais, umas às outras, diz Smagorinsky, tanto contemporâneas como anteriores, ampliando valores e significações. Assim a mente é ilimitada espacialmente porque se estende através desses instrumentos de mediação, conectada ao mundo social e cultural na qual se desenvolve.

> **"Do ponto de vista semiótico, os signos, que uma cultura estabelece para ordenar seu mundo, necessitam instrumentos para a criação e interpretação, e, assim, instrumentos culturais e signos semióticos ligam as pessoas através das gerações e aos seus contemporâneos"** (Smagorinsky, 1995 :198).

II.4.3 - Especificidades no ensino e aprendizagem de química

Embora o homem sempre tenha lidado com os materiais ao seu redor, aprendendo a controlar algumas transformações - como a produção e a manutenção do fogo - o fato químico, mesmo no contexto das ciências naturais modernas, é

relativamente recente. Na era pré-científica, o fogo, a metalurgia, as tintas - fatos químicos notáveis - eram ligados aos ritos religiosos e à magia, e os conhecimentos e as habilidades de lidar com eles, guardados como segredo da sobrevivência de uma tribo ou de um povo. As primeiras teorias mais gerais sobre o comportamento dos materiais diante de uma situação definida, as relações de quantidade envolvidas nas transformações químicas na interação entre substâncias, as condições para que uma reação química se processasse adequadamente, etc., datam de 200 anos atrás, ou menos. A necessidade e o uso do conhecimento químico sobre substâncias tornou-se crucial na revolução industrial e com ela a atividade química tornou-se crescentemente mais importante.

O pensamento químico se desenvolve de acordo com a necessidade de resolver os novos problemas apresentados pelo meio sociocultural em instalação. Desenvolvem-se, conforme defende Tulviste, os processos mentais superiores em uma nova direção, com base em novas atividades para sanar necessidade postas pelo meio cultural e tecnológico.

A capacidade criadora e inventiva do homem, na sua ação sobre a natureza através de um conhecimento específico denominado química, premido pela necessidade de identificar e buscar novas matérias primas para as necessidades tecnológicas, removeu importantes obstáculos epistemológicos, como o princípio flogístico, o princípio vital de '*omne vivo ex vivo*' - segundo a qual eram impossíveis as sínteses de substâncias orgânicas pela ação do homem - a transmutação dos elementos por reação química, etc. As construções teóricas e racionais sobre a estrutura íntima da matéria, na forma das teorias moleculares e de interação qualitativa e quantitativa entre as microestruturas que constituem as substâncias - dentro do espírito da ciência moderna - tornaram o homem atual capaz de criar, praticamente, qualquer tipo de material ou substância que alguém imagine e lhe descreva as propriedades ou características desejáveis.

O conhecimento químico, já criado até aqui, insere a humanidade em um mundo modificado tecnologicamente, muito diferente daquele que as condições naturais, sem a ação intencional dos homens, permitiria. É preciso ressaltar que é a humanidade, como um todo, que está nesse mundo tecnológico e não apenas os químicos que teriam o discernimento para interagir, com entendimento, com o mundo novo criado. Se considerarmos que o domínio do conhecimento sobre a matéria, na forma da química, de tal forma que possa transformá-la em materiais muito diversos,

é fato recente na história humana, podemos prever algo ainda mais radicalmente diferente do que já vivemos. Por isso é necessário que cada membro da humanidade possa participar na definição deste mundo novo que se descortina. A participação precisa ser feita com responsabilidade e, portanto, com conhecimento. Isto não será possível se a participação se der apenas no consumo dos produtos tecnológicos derivados do conhecimento químico, como acontece até aqui pela grande maioria das pessoas. Esses produtos fazem parte do meio sociocultural, como dissemos anteriormente, mas o conhecimento que os possibilita integra apenas a comunidade que o produz e o valida. Somente a segunda ruptura epistemológica, proposta por Souza Santos, permitirá a produção do ciência química para fora da comunidade científica em que se acha enclausurada, tornando-se parte da cultura do meio social. Mais pessoas terão acesso ao conhecimento químico, o que tornará possível a sua participação nas decisões que afetam o meio social e natural bem como a qualidade de vida. É precisamente a qualidade de vida, também uma construção social, que deve ser decidida na comunicação intersubjetiva, esta sim, só possível no uso da linguagem e argumentação baseados no conhecimento.

Mais que em outros campos da ciência, o campo da química e da biologia, principalmente a biologia em nível genético e molecular, exige a participação ativa de todas as pessoas porque ali se produz um conhecimento que capacita ao homem interferir, profundamente, no curso da evolução normal da natureza. Através dessas ciências o homem controla a natureza pelas interações de partículas microscópicas ou submicroscópicas (átomos, moléculas, genes), criando novas substâncias e novas variedades biológicas com características que ele mesmo define. Um tal poder, conferido pelo domínio de um determinado campo científico, precisa ser controlado democraticamente e vigiado à luz de princípios éticos definidos coletivamente em instâncias que envolvam toda a sociedade e não, apenas, pelas parcelas sociais que se apoderaram dos conhecimentos socialmente produzidos, e passam a decidir, de dentro desses coletivos restritos (comunidades científicas, associações profissionais), com base em soluções técnicas. Não compreendidos os princípios científicos que recomendam uma tal solução técnica, a população é usurpada, ainda mais, em seus poucos conhecimentos culturais, perdendo gradativamente a capacidade de participação nas decisões.

Por um lado, parece evidente a importância do fato químico na sociedade moderna e, por outro, as pessoas, mesmo os da elite intelectual (profissionais universitários e técnicos) não vêem utilidade ou importância em conhecer a química.

Mais que isto, manifestam desconhecer essa matéria e, por isso, sentem-se incapazes de participar nas definições que envolvem esse conhecimento. Acabam por aceitar, tacitamente e por omissão, as soluções técnicas apontadas pelos profissionais ou por suas corporações. Como resultado dessa prática, temos hoje um meio natural e social degradado e poluído e uma qualidade de vida da população em franca decadência. De uma forma geral, movido pela *mídia*, a população pode até atribuir à *química* essa poluição e degradação do meio, mas não sabe agir diante dela.

A comunidade de educadores químicos tem realizado esforços para que os cidadãos possam exercer, com responsabilidade e discernimento, a sua cidadania nas definições da ação do homem sobre a natureza e a recuperação do meio ambiente já degradado, através do conhecimento químico. Propõem, inclusive, que a educação do cidadão seja uma preocupação constante dos professores de química em todos os graus de ensino (Santos, 1992).

O prêmio nobel de química de 1981, em palestra na USP, falava da beleza da arquitetura molecular da química e da importância para a sociedade moderna das substâncias que o conhecimento químico consegue produzir. Sem materiais substitutivos para aqueles que eram retirados da natureza bruta, como toda a gama de "sintéticos químicos" e que substituem hoje a madeira, os metais, os vidros, as fibras naturais dos vestuários, o papel e polímeros das embalagens, etc., teríamos, provavelmente, um tal esgotamento da natureza que a vida humana, principalmente nos grandes centros urbanos, seria impossível. Mas esta produção de novas substâncias é paradoxal porque **"ao democratizar o acesso a novos materiais, baixando os custos dos produtos, ela acaba gerando problemas ambientais"** (Hoffmann, Roal, 1993) que também se tornam insuportáveis para a qualidade de vida. Os problemas ambientais são normalmente atribuídos pelas pessoas à química de forma geral. Isto incomoda os químicos que, então, procuram modificar essa imagem ou representação. Poderíamos, talvez, dizer que os problemas ambientais são causados devido a **desconhecimentos elementares** de química por parte da população em geral e pela maioria das pessoas que administram o cotidiano das pessoas e que são, no mínimo, de formação escolar de nível médio e superior. São os administradores de empresas, advogados, economistas, agrônomos, médicos, professores, contabilistas, juízes, jornalistas, políticos, etc. Estes profissionais "tiveram" aulas de química em sua formação escolar, porém o conhecimento "produzido" mostrou-se insuficiente ou inútil para pensarem os problemas da cotidiano sob o ponto de vista da química, mesmo que seja em conjunto com os

profissionais desta área. Temos, então, uma disponibilidade de produtos tecnológicos sofisticados proporcionados por um conhecimento científico muito especial sobre a natureza, mas uma população sem acesso esse conhecimento. Mesmo os estudantes, saídos da escola de nível médio, manifestam baixíssimo conhecimento químico útil para discutir a realidade química na sociedade (Marcondes, 1978; Chassot, 1993; Gillespie, 1976). Isto impede que a ação comunicativa, concernente aos problemas de química no meio social, seja restaurada entre as pessoas, o que dá chances a que se sobreponha, sempre com mais força, a razão instrumental ou técnica. A segunda ruptura epistemológica, partindo do meio da comunidade científica dos químicos, torna-se sempre mais necessária para que as pessoas possam reelaborar o seu senso comum à luz dos conhecimentos químicos e, assim, exercer melhor a sua cidadania.

Além de o fato químico, como ação consciente do homem sobre a natureza ser relativamente recente, há outras peculiaridades que mistificam e mitificam esta área do conhecimento humano, mesmo dentro da escola. A idéia de química entre os estudantes do grau médio, quando devia ocorrer um estudo mais sistemático desta matéria, é a de que ela se relaciona com o espetacular, o diferente, a explosão, a magia da transformação enexplicável. Os professores de química, em sua maioria, além de não conseguirem reverter essa idéia, acabam criando uma idéia negativa da química como objeto de conhecimento escolar e científico. Os alunos, em geral, saem do ensino médio tendo a sensação de não terem tido contato com um conhecimento realmente importante, além de achá-lo abstrato e de difícil compreensão, que usa/ desenvolve, apenas, a memória mecânica (Gillespie, 1976).

Como conhecimento humano que atua, basicamente, sobre os "corpos" da natureza ou sobre as substâncias que a compõem, buscando transformações controladas dessas substâncias, criou-se uma linguagem específica que visa a expressar melhor essas transformações e a forma de organizar o pensamento em torno delas. É o que se chama, genericamente, a *linguagem química*. As palavras, os signos, os métodos de ação, os equipamentos, etc., não fazem parte do cotidiano das pessoas. E isto constitui uma dificuldade adicional para os iniciantes ao estudo de Química. Chassot (1993) vê, na linguagem usada em química, uma linguagem muito específica e ao mesmo tempo universal, ao lado da matemática e da música. Todos sabemos que para o uso destas linguagens necessitamos de uma iniciação. **"Mas esta universalidade tem um caráter hermético. Há o uso de códigos que mesmo decodificados continuam herméticos para os não iniciados"** (Chassot, 1993 :85). Para considerarmos alguém iniciado em química não basta saber decifrar a simbologia

química, é necessário saber, também, o tipo de pensamento usado nessa matéria e entender as especificidades metodológicas próprias da produção do conhecimento químico. Essas três dimensões vão se constituir dialeticamente na mente do aprendiz, desde que o programa de ensino as contemple simultaneamente.

Mansur Lutfi (1992) também se refere à especificidade da linguagem química e vê na própria evolução dela o tipo de concepção química que se teve em diversos momentos históricos de sua produção. **"A linguagem química vai se formando pela necessidade de expressar as operações envolvidas nas manipulações experimentais e nomear os corpos empregados nas operações"** (Lutfi, 1992 :154). Olhando por este ângulo vemos que as notações e representações químicas sofrem profundas transformações no decorrer da história humana e têm muito a ver com os modelos concebidos para as explicações a que se propunham fazer dos fenômenos ligados à química. Segundo pesquisas de Lutfi, as primeiras notações aparecem em escritos alquimistas do século X e XI e se referem a metais, representados por figuras semelhantes aos usados para os astros. **"A intenção mágica e mística está evidente e os textos dos grandes alquimistas gregos confirmam essa interpretação"** (Lutfi, 1992 :155). Expressa-se aí uma visão antropocêntrica de universo e a relação de poder que a detenção do conhecimento técnico confere aos iniciados, por exemplo, aos segredos da obtenção de metais. O poder adquirido pelo domínio técnico sobre os metais, naquela época, se revertia em poder de organização da sociedade, manifestada na agricultura, nas guerras, nas manifestações de riqueza. Ainda na era pré-científica já se esboçavam as primeiras idéias de "composição" nas substâncias, criando-se as primeiras seqüências de signos, bem como, as primeiras regras para a composição de signos. Constituiu-se uma tentativa de organizar o pensamento e a sua evolução sobre aquilo que viria a ser a química. No entanto, somente em plena era científica, principalmente com Lavoisier, esboça-se realmente uma linguagem para a química moderna, incorporando relações de quantidade, de conservação de massa, expresso nas equações químicas com explícita idéia de permanência dos símbolos entre reagentes e produtos e a conseqüente conservação de massa nas reações químicas. Aparece já uma clara preocupação em articular uma linguagem que expressasse as idéias de quantidade, de proporção em massa entre os reagentes e conservação de massa, nos fenômenos químicos. Seguindo a tendência da ciência moderna criam-se os modelos teóricos de átomo, molécula, equação química, etc., que permitiram organizar o pensamento químico e proporcionaram a sua evolução. O próprio simbolismo criado nessa época se propôs a romper com o

mágico, o oculto, para representar esses modelos teóricos e permitir estruturação do conhecimento químico como ciência. Na essência, usamos até hoje a mesma simbologia, atribuindo-lhe significados aos quais os iniciados tem fácil acesso. Constitui-se, também, em um sintema de organização que permite, tanto a formação dos conceitos iniciais junto aos aprendizes, quanto a construção de novos conhecimentos químicos.

As propostas de ensino de química podem contemplar estas diversas dimensões da química e, desta forma, proporcionar uma iniciação consistente e mais duradoura. Ela terá estas características se os iniciados, após o ensino médio, estiverem capacitados a participar, de forma comunicativa, na problematização/ resolução de uma situação prática (concreta), argumentando com base nas teorias e através do pensamento químico sistematizado. Uma tal participação abriria possibilidades concretas para que a razão comunicativa se impusesse à razão instrumental ou técnica, dando chances a que a qualidade de vida e o bem estar das pessoas seja levada em consideração nas soluções propostas e o mundo da vida seja descolonizado. Isto é muito mais complexo do que responder a alguns testes de conhecimentos descontextualizados, como costumam ser as avaliações em química!

Penso ser este o nível de conhecimento químico a ser proporcionado a cada cidadão, dentro dos espaços concretos que a sociedade reserva à instituição escolar. Isto é possível?

Se conseguirmos propor um ***modelo sociocultural ou histórico-cultural de ensino e aprendizagem*** é possível melhorar, sensivelmente, o nível de conhecimento químico aprendido na escola. Para isso temos de superar a posição tradicional das propostas de ensino de química que colocam todo o esforço do trabalho escolar em torno dos conteúdos descontextualizados, segundo uma lógica de conhecimento sistematizado que é adequada, apenas, para quem já conhece química. Este é o caso da maioria dos programas de química e que é, normalmente, contemplado nos livros didáticos utilizados pelos professores. Temos de superar, também, as posições que centram todo o esforço pedagógico no aluno em contexto escolar, em postura construtivista, esquecendo que o sentido mais profundo da aprendizagem escolar é o de inserir o aprendiz, de forma intencional e sistemática, no contexto sociocultural em que vive. Mesmo posturas como a da filosofia educacional da NAEYC[3], explicitamente construtivista, segundo a qual *as crianças constroem seu próprio*

[3] National Association for the Education of Young Children (NAEYC, 1988 :66), citado por O'Loughlin, 1992.

conhecimento a partir da experiência; ao empregar práticas apropriadas nas escolas, as crianças são providas de muitas oportunidades de mudanças para usar e desenvolver habilidades de pensamento que trazem com elas e para identificar e resolver problemas que as interessem, que seriam consideradas progressistas na maioria dos meios educacionais e das escolas, não são suficientes. Propomos que esta posição *construtivista restrita* também deva ser superada, pela argumentação já apresentada anteriormente.

As situações que pensamos propor para produzir um modelo sociocultural de ensino/aprendizagem em química vamos chamar situações de ***alta vivência*** nas quais os alunos são envolvidos de forma mediada, tanto pela ação do professor quanto pelos instrumentos histórico-culturais já criados pelo conhecimento químico. São situações de alta vivência dos alunos aquelas sobre as quais os alunos sabem falar e defender os seus pontos de vista. Por isso elas não podem estar descontextualizadas no início e nem privilegiar situações de aula já contempladas na escolarização anterior. Essas últimas tendem a produzir falas viciadas pela aprendizagem escolar e o aluno não saberá argumentar sobre elas porque lhe restam apenas fragmentos daquela aprendizagem. Nas situações de alta vivência o aluno manifestará, de forma livre, embora estimulada, os seus conceitos do cotidiano e estes estão suficientemente desenvolvidos para que o conceito científico, introduzido pelas falas do professor e através dos objetos teóricos da química, possa se constituir no contexto. Trabalhando sobre o programa de química, de forma coletiva e em atitude de pesquisa, foi possível identificar essas situações de alta vivência e colocá-las em um contexto pedagógico para que o conhecimento químico pudesse ser construído junto aos alunos.

CAPÍTULO III

-A FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE QUÍMICA- O TEMPO E O ESPAÇO DA ESCOLA

III.1 - *A constituição do grupo de trabalho na escola: primeiros passos*

Um dos princípios mais consolidados na concepção construtivista de ação pedagógica é aquele que diz que se deve partir daquilo que as pessoas já sabem ou das idéias que elas já têm sobre o assunto. Nós iríamos trabalhar *ensino, aprendizagem, aluno, professor, matéria de química...* Sobre isso queríamos ter o pensamento das professoras e depois avançar em alguns princípios de organização desses componentes essenciais na vida profissional delas. A pergunta foi direta: ***Como vocês vêem esses 5 pontos?... Ensino e aprendizagem são espelhares?... Quem quer começar?...***

As falas das professoras[1], relativas a essa pergunta, parecem revelar os conhecimentos básicos da concepção construtivista de aprendizagem, como já discutimos anteriormente. Foi necessário lançar uma outra questão para que a real situação se manifestasse mais claramente: ***Descrevam as suas aulas... Falem sobre elas... Como vocês agem quando entram na sala...*** As novas falas permitiram traçar um quadro mais concreto do 'conhecimento' que guiava as práticas das professoras: os problemas de falta de interesse dos alunos, a não participação dos alunos, a ausência em sala de aula, a rejeição à matéria de química, a negociação de notas, a indisciplina, etc., nada disso parecia ter a ver com o ***ensino*** ou com o trabalho desenvolvido por elas. A responsabilidade pela aprendizagem era corretamente atribuída ao aluno, mas era necessário refletir por que essa rejeição "ao querer aprender" a matéria de química. Era necessário questionar a proposta de ensino, tanto em sua condução metodológica quanto no conteúdo veiculado. A concepção metodológica era o da transmissão/ recepção de conteúdos científicos desconexos, isolados, inquestionáveis e abstratos. Nas falas podemos entrever dúvidas da validade disso e vontade de superar uma prática que os deixava insatisfeitos. No entanto, sozinhas, não conseguiriam dar os encaminhamentos necessários, mesmo atuando em grupo organizado.

[1] Encontram-se transcritas no item I.3.1.

Isa: (levanta a questão da 8ª série quando se introduz a química) ...os alunos vêm para o 1º ano do segundo grau, acham difícil a química,... não dá para aprender, daí lutam contra ela. (No levantamento de opinião e de conhecimentos ela sentiu que foi passada aquela coisa de estrutura de átomo, número atômico, núcleo, eletrosfera...) (...), aí fiz uma revisão... Então, [eles] não conseguem enxergar como é o átomo por dentro - prótons, nêutrons - A questão que os alunos levantaram: não conseguem enxergar isto...

Roseli: Você começou faz pouco tempo... Vai trabalhar este conteúdo...

Isa: Já está terminando. Peguei agora, só [estou fazendo] correção de exercícios...

Graça: Já se trabalha tanto tempo a estrutura da matéria.... Antes de apresentar o modelo! Este ano pedi que dessem, na oitava série, apenas: matéria, substância... coisas que eles visualizam. Mistura, tipos de misturas, separação de misturas... Pedi para não trabalhar este negócio de átomo, camadas... Trabalhar, na oitava, mais os conceitos básicos: densidade, estado físico da matéria...

Isa: (fala sobre a professora que a antecedeu, no início deste ano)... Deu matéria (matéria, corpo, objeto) e daí passou para a estrutura do átomo...

Graça: O impasse é este! A gente não está conseguindo... Então a gente está querendo se agarrar nessa proposta nova, algumas coisas conseguimos mudar neste ano, muita coisa não! A proposta nova: modelos atômicos: introdução de modelos, unidade de massa, Dalton, massa atômica, massa molecular... Estamos tentando seguir isto, mas está tropeçando... Vamos seguir a proposta da CENP[2].

Ao apontarmos a prática concreta que estava sendo desenvolvida como característico do velho modelo psico-pedagógico de transmissão/recepção, as professoras inverteram o desafio:

Ida:Você colocou o modelo psico-pedagógico da transmissão/recepção como não adequado... E quais são as alternativas?

Vemos, por esta manifestação, bem como pela a própria organização do grupo das professoras de química na escola, que a primeira condição para uma interação positiva com a equipe da universidade estava plenamente satisfeita: *as professoras estavam disponíveis a pensar o seu ensino de química!* Com certeza, o desafio iria muito além da simples questão de introduzir alguns elementos da, assim chamada, *concepção construtivista de ensino/aprendizagem*, desejo inicial manifesto por elas. Sabíamos, pelos próprios princípios do construtivismo, que as idéias das professoras,

[2] CENP - Coordenadoria deEstudos e Normas Pedagógicas, da Secretaria de Estado da Educação, SP, e o programa a que se refere a professora é a Proposta Curricular para o Ensino de Química 2o Grau, e que era recomendado que fosse adotado, com as adaptações, nas escolas que entrassem no Projeto "Escola Padrão".

muito bem caracterizadas e construídas pela vivência, não 'mudariam' tão facilmente. Seria fundamental que falassem de suas crenças sobre a matéria de química, da metodologia de trabalho, do ensino, da aprendizagem, do papel do aluno e do papel do professor. Isto teria que brotar de suas práticas porque, assim, as crenças mais fundamentais teriam mais chance de aparecer. Por isso, procuramos tematizar as reuniões seguintes, partindo de alguma dificuldade sentida pelas professoras e que deixavam transparecer nas próprias reuniões. O primeiro tema, que se tentou tratar na segunda reunião, foi sobre os ***modelos*** em química, entendidos pelos professores de química, de forma geral, e 'ensinado' pelos livros didáticos usuais, como modelos atômicos somente, quando se deveria falar de modelos em muitas situações no ensino de química (Chassot, 1993 e 1990).

Como equipe da universidade, envolvida mais diretamente com a formação didático-pedagógica dos professores de química, sempre nos colocamos como mediadores do processo, atentos aos significados que os professores atribuíam às situações e, ao mesmo tempo, tentando 'jogar' outros significados importantes e que estavam 'escapando' à percepção dos professores. Havia a preocupação de que cada membro do grupo se constituísse diferente em cada reunião, crescendo intelectual e profissionalmente. A situação da vivência das professoras era sempre problematizada, refletia-se sobre ela e a partir dela se procurava atingir novos níveis de compreensão. Para isso a ***tematização*** das reuniões era importante, embora, na maioria das vezes, o grupo não se restringisse aotema central. Vejamos o que aconteceu na terceira reunião do grupo, cujo tema foi a questão dos ***modelos*** no ensino de química[3].

> *Otavio: O tema central, ao menos no início desta reunião, é para ser a questão do modelo, em especial do modelo atômico, e de outros modelos... Precisamos ter uma idéia clara sobre essa questão. (...) Olhei o programa de vocês e ele permite fazer um excelente trabalho, tem lógica na proposição dos conteúdos... E quando a gente começar a discutir isto, será sempre em função de conseguirmos realizar um trabalho que se decida conjuntamente e que seja o melhor possível... Esta abertura todos temos de ter! Ninguém vai dizer que está errado ou que está certo... Pessoalmente achei que vocês têm um bom programa básico e, sobre ele, pode-se fazer um bom trabalho... Como o tema central da reunião de hoje é* ***modelo****, vamos ver como isto se encaixa no programa de vocês.... Especialmente a 1ª parte [do programa] onde fala sobre a experimentação no ensino de ciências,*

[3] Vou transcrever trechos mais longos desta reunião para ter uma idéia mais concreta da forma de produção do grupo e, principalmente, da forma de mediação que era exercida. Aparece, também, a proposta de um 'modelo' de ensino que seria adotado posteriormente pelo grupo, a partir do ano de 1994: diante de uma situação (fenômeno, surpresa, questão levantada...) é feita a problematização, a representação ou 'tradução' em linguagem química, a explicação em termos de modelos químicos ou da ciência.

história e ensino de química, cotidiano e ensino de química... Esta é a base da proposta escrita por vocês. As três coisas a gente pode, mais ou menos, pensar da seguinte forma:

Vocês precisam proporcionar o contato com fenômenos, precisam ser fenômenos químicos; o nosso trabalho é com os fenômenos químicos.... Aqui vocês colocaram transformações químicas, apresentação de regras de segurança, reconhecimento de material de laboratório de química, fatores que evidenciam uma transformação química, como cor, formação de precipitado, liberação de gases... Então, vocês poderiam falar um pouquinho sobre este item 1 do programa... É, sem dúvida, o contato com o fenômeno, a transformação que é a química por excelência.... Como é que isto funcionou?...

Várias: a experimentação não foi feita...

Andréa: O problema todo foi que o laboratório não estava pronto...

Ângela: É... começou com o problema do azulejo nas bancadas...

A existência de um espaço adequado, uma sala preparada ou um laboratório, é condição necessária, mas não suficiente, para uma boa proposta de ensino de química. Este espaço existe, geralmente, nas escolas e é, muitas vezes, mal aproveitado pelos professores, fruto de preparação inadequada do professor de química. Não preparação técnica específica de atuação em laboratórios de química, mas preparação profissional para o magistério, para atuar em laboratórios de ensino e dentro das realidades das escolas. Esta já é uma das conseqüências do distanciamento entre a instância da formação formal do professor e a instância de atuação profissional do professor. Marques (1992) vê a necessidade de uma profunda interação entre essas instâncias, tanto na formação inicial quanto continuada, onde as agências formadoras busquem "***pé firme nas práticas e na experiência dos profissionais*** **e estes** ***busquem, nos lugares e tempos da formação formal, o reencontro de suas bases teóricas, o reacender das brasas da reflexão***" (Marques, 1992 :54). Isto não costuma acontecer na realidade da formação dos educadores brasileiros, a não ser em pequena proporção e em experiências puntuais e localizadas.

A formação dos professores de química pode trazer um complicador a mais que é a formação ligada à parte experimental da ciência química. Em cursos de química ligados às grandes universidades as aulas práticas de química caminham, geralmente, paralelas às disciplinas chamadas teóricas, tudo organizado conforme princípios da racionalidade técnica, fruto de uma concepção positivista de ciência (Schön, 1983, 1987). Nesses currículos, procura-se formar o técnico-especialista (tecnologia química) ou o profissional-pesquisador (bacharelado). Embora haja

reclamações freqüentes sobre os problemas em tais cursos, a preocupação com a parte formativa do professor é mais marginalizada ainda na licenciatura de química dentro dos institutos. Os currículos são pensados dentro de uma solução técnica: *se o profissional-professor sabe química, tanto teórica quanto prática, ele saberá ensinar!* Sabemos que isto não acontece porque a ação pedagógica é muito mais complexa, e que não admite a simplicidade de uma solução técnica, algo possível para os sistemas químicos trabalhados nos cursos universitários. Por outro lado, em cursos de química cuja única habilitação é a do licenciado em química, oferecidos, geralmente, em pequenas universidades ou em cursos de faculdades isoladas, a parte experimental de química costuma ser pobre e o professor, igualmente, sente-se inseguro para propor práticas em química que sejam adequadas ao ensino médio. O resultado disso é o alijamento da parte experimental em química nas nossas escolas, e um ensino que se pauta pela memorização de conteúdos isolados e abstratos de química. O aluno sairá do ensino médio e terá a sensação de que aquilo tudo não serviu para nada ou, apenas, para responder a algumas questões no vestibular (Chassot, 1993).

É necessário pensar, também, sobre os motivos que levam os professores a aceitar as precárias condições de trabalho dentro das escolas, no caso, o longo tempo para adequar uma sala às necessidades definidas pelo grupo de professoras. Em qualquer instituição ou organização, os profissionais exigem condições de trabalho ou as criam antes de exercerem plenamente as suas atividades, ou denunciam à sociedade o que está acontecendo, até mesmo, para se protegerem profissionalmente. Com a educação isto não acontece, a não ser em épocas de greve do magistério, por melhorias salariais. Nessas ocasiões, aparecem nas pautas de reivindicações a melhoria das condições de trabalho. Passado o movimento reivindicatório, os professores voltam, mesmo indignados, ao seu trabalho sem terem mudado qualquer coisa nas condições para exercê-lo com mais dignidade. Tudo isto faz parte da longa crise em que se encontra a profissão docente.

> **"As conseqüências da situação de mal-estar que atinge o professorado estão à vista de todos: desmotivação pessoal e elevados índices de absentismo e de abandono, insatisfação profissional traduzida numa atitude de desinvestimento e de indisposição constante (face ao Ministério, aos colegas, aos alunos, etc.), recurso sistemático a *discursos-alibi* de desculpabilização e ausência de uma reflexão crítica sobre a ação profissional, etc. Esta espécie de autodepreciação é acompanhada por um sentimento generalizado de desconfiança em relação às**

> **competências e à qualidade do trabalho dos professores, alimentado por círculos intelectuais e políticos que dispõem de um importante poder simbólico nas atuais culturas de informação"** (Nóvoa, 1991a :20).

Nóvoa propõe, no mesmo artigo, romper com a lógica estatal da educação à qual se vincula uma excessiva centralização administrativa do trabalho escolar. Há que inventar novas instâncias de legitimação do trabalho escolar, com a participação de toda a comunidade escolar e o seu entorno, tanto ao que concerne à administração das condições globais de trabalho na escola, quanto ao que acontece nas salas de aula. A idéia de 'senhor absoluto' da sala de aula, de quem não precisa prestar conta a ninguém do que acontece lá dentro, precisa ser superada, bem como a prática de o professor, de determinada matéria, agir como se fosse o único a atuar junto àquele grupo de alunos. Essas e outras práticas, levam-me a defender a idéia de criação de novas instâncias de validação do trabalho escolar que deverão ser iniciadas no coletivo dos professores e administradores de uma escola, com a participação das famílias e da comunidade. Outros coletivos deverão ser formados: professores de uma mesma matéria (ensino médio), matérias afins (por exemplo, ciências da natureza), coletivos de professores de uma mesma turma, etc. Organizações semelhantes seriam criados em nível de Municípios, Regiões Administrativas, Estado e País. A avaliação necessária do trabalho escolar brotaria dessa descentralização administrativa e pedagógica, e não do inverso como está sendo proposto no Brasil.

Para o professor de química há uma dificuldade adicional: a imagem social dessa área do conhecimento humano. Associa-se a química aos problemas ambientais, à poluição atmosférica, aos conservantes nos alimentos, aos aditivos químicos, à agricultura química, etc. Podemos dizer que a química está desvalorizada socialmente e, em conseqüência, os profissionais da química. O próprio sentido conotativo, dicionarizado de *fazer química*[4], é fazer algo não muito legal ou 'arranjado'. O professor deverá saber como enfrentar essas situações e poderá fazê-lo melhor se organizado coletivamente, e tiver convicção da importância do conhecimento químico na formação do cidadão.

No caso específico do grupo de professoras de química com as quais trabalhamos, ficou claro que os problemas administrativos para criar condições melhores de trabalho não foram enfrentados com suficiente firmeza, deixando que, com isso, todo o programa de química fosse prejudicado. Não havia sala de química à

[4] No Aurélio: *fazer química*

disposição ou laboratório de química. Embora a escola dispusesse de uma sala destinada à área científica antes da implantação do projeto "Escola Padrão", era inadequada para a execução do programa de química definido pelas professoras e, por isso, solicitaram a reforma da sala para o início do ano de 1993. Esta reforma se mostrou tão demorada que o programa não pôde ser desenvolvido conforme o planejado, e a isso se referem as professoras em suas falas. Além disso, uma das professoras, de liderança no grupo, que participara da elaboração do programa de ensino implantado em 1993, com doutorado em química, saiu da escola para assumir função de professora em uma universidade federal de outro Estado, e isto trouxe transtornos ao grupo porque a referida professora exerceu as suas atividades na escola durante dois meses naquele ano e saiu, abrindo uma vaga a uma professora nova, também doutoranda em química, mas sem experiência de ensino.

Estas dificuldades são adicionais e externas ao grupo mas que, somadas às próprias crenças das professoras, diferentes das declarações delas, facilitam o retorno ao tradicional onde há a separação teoria/prática, a introdução dos modelos atômicos como um item do programa e não como necessidade de explicação de algum fato químico problematizado, a experimentação ilustrativa e não investigativa, com ênfase na memorização de princípios e leis (Schnetzler, 1981) descolados dos fatos e fenômenos do cotidiano dos alunos. Podemos afirmar que as professorass escreveram um programa de ensino, com base em uma proposta (CENP), que ainda não fazia parte de suas convicções e nem fora, suficientemente, entendido por elas. Daí a necessidade da *mediação,* da negociação com outros educadores que pudessem proporcionar novas significações e instrumentos de análise que confrontassem práticas anteriores e práticas presentes. Não acreditamos, olhando a história de formação dos professores e as condições de trabalho, que um grupo de professores, mesmo organizado, possa produzir significações fundamentalmente diferentes e conhecimento pedagógico adequado para mudar a prática. Nem acreditamos, também, que pessoas externas ao grupo, mesmo convidadas, possam mudar a prática de um grupo de professores sem refletir, conjuntamente, sobre as práticas em execução, sobre as preocupações e crenças desses professores. A inovação pedagógica poderá constituir-se nessa interação, constituindo-se diferentes todos os agentes envolvidos.

O programa de ensino, escrito por elas, tinha como centro a **reação química**. Mas isto não foi entendido na dimensão desejada ou, ao menos, não foi assumido. O resultado é que passada a 'lição' da **reação química**, voltaram ao programa tradicional.

Otavio: Aqui vem então as reações das quais vocês estão falando... Magnésio... Consta queima de magnésio...
Andréa: mas isto não fizeram ainda...
Ângela: Não fizemos em laboratório...
Otavio: Mas já falaram...
Ângela: Está vendo qual foi o problema?! A gente queria que eles vissem aqui (no laboratório) fazer [a prática] para depois discutir em sala...
Otavio: aí então vem as propriedades físicas... a diferença entre fenômenos físicos e químicos...
Ângela: Isto eles já viram na 8ª série... Já estão cansados de saber... Só não sabiam algumas ...
Otavio: e misturas?
Ângela: Isto a gente vai falar... aí pula [no livro] e vai entrar em gases...
Otavio: Mas há antes a natureza corpuscular...
Ângela: Isto! Modelo de Dalton... Já inclui em átomo... Entendeu?... Como é que a gente vai falar em Dalton de novo? ...Eles têm a idéia de átomo como sistema solar... Tem o núcleo, com carga..., mas não sabem de onde veio o modelo...

Na verdade, as professoras não parecem saber por que introduzem os modelos! Daí a necessidade da mediação com atribuição de outros significados pedagógicos que permitam a problematização da vivência e a construção de outros níveis de compreensão. Ou, usando a linguagem de Schön (1992), coordenar, através da **reflexão-na-ação,** as relações que se estabelecem entre as representações 'figurativas', mais próximas da vivência cotidiana e as representações 'formais', próprias do saber sistematizado e aceito nas sociedades científicas.

Otavio: (...) Hoje estamos tratando a questão dos modelos... Esta é uma das questões do programa e está aparecendo [no grupo] e estávamos dizendo de que é necessário que tenhamos o fenômeno químico, que é a parte experimental e vivencial dos alunos, pelo que eles conhecem antes e pelo que se conseguiu fazer em sala de aula. Daí a gente já apontou uma pista para, no ano seguinte, unir estas duas coisas [a parte experimental e teórica]. Não começar a falar de modelos sem termos feito a vivência do fenômeno... Por que? Porque nós achamos que o modelo é a forma de explicação e que a gente achou que deve incentivar as formas próprias de explicação dos alunos e que elas têm uma lógica e uma linguagem que devem ser incentivadas para que aflorem... Se [o aluno] já teve modelos na 8ª série, se já leu em revistas, se viu em um filme... algo ligado com átomos, moléculas..., não tem problema! Se ele usa estes termos será com o significado que ele lhe atribui agora... Aí , então, entra o professor que pode dizer assim: como temos muitas partículas

menores e diferenciadas, vamos chamá-las todas de partículas, de forma genérica, [sem se preocupar em] usar as palavras átomos, moléculas, íons... Ou pode usá-las com a idéia de partículas mínimas de uma substância.... O importante é que para usarmos os modelos [de explicação química] precisamos usar a idéia de partículas... e, assim, faça sucessivas aproximações da explicação científica - esta mesmo será provisória, em termos da História de uma Ciência. Nós temos de criar a idéia de que as explicações científicas também são mutáveis, nenhuma é definitiva... A história da ciência mostra isto... as explicações mudam... Isto vale também para a sala de aula; você vai criando idéias provisórias e que podem mudar. É importante que o aluno adquira a própria idéia da possibilidade de mudança [das explicações científicas]. Vocês já trabalharam isso, de uma maneira ou outra, quando estudaram os diversos modelos históricos para o átomo... Esta é uma idéia válida e que precisa ser incentivada em nossa prática...

Ida: Quando se fala em modelo, e não em uma verdade, e isto que você está falando é um modelo, uma representação... parece que existe uma ânsia dos alunos de que exista [uma verdade]..., como é que a gente não aprende o que é certo... Daqui a pouco não vai ser isto, pode alterar... podem surgir fatos e idéias novas, e eles querem ter uma segurança...

Otavio: Forma-se, em geral, a idéia de que a ciência é uma coisa certa... Nós temos de, devagarinho, formar a idéia de que a ciência não é coisa sempre certa e que ela é uma criação humana como qualquer outra criação humana. Esta idéia de a ciência ser uma criação humana vai contra essa segurança... Mas eu acho que nós temos de formar pessoas mais capazes de análise e participação, capazes também de lidar com a incerteza... (...) Então, a gente usa modelos porque nós queremos explicar uma situação - no caso um fenômeno químico/físico - onde as coisas, imaginamos, se passam como se houvessem partículas de..., digamos magnésio. Na combustão do magnésio, [por exemplo], representamos o magnésio por Mg(s), cada partícula por Mg e ao aquecer este metal em chama vê-se a formação de uma nova substância, com características diferentes, e que esta transformação só acontece na presença de gás oxigênio... Este gás também é constituído por partículas fundamentais representadas por O_2.(g)...

Tenho, então duas partículas, Mg e O_2 e elas vão formar uma nova substância, o óxido de magnésio, cuja representação é MgO(s) com as partículas fundamentais MgO...

Sara: aí o aluno vai perguntar: por que a partícula fundamental do gás oxigênio é O_2 (O com 2) e no óxido aparece só O, sozinho...

Otavio: Isto! Isto é muito importante....

Ângela: E outra coisa! Por que o magnésio, Mg, enxerga oxigênio e não enxerga outras partículas...

Andréa: enxerga?

Ângela: Sim, o Mg enxerga... no sentido de interagir com ele de modo a formar nova substância e não com outras partículas, além de interagir de tal modo de ficar só um 1 O... e não com O_2... (...)

Graça: E tem o fogo, ainda...

Otavio: é importante ter idéias claras. Vamos com calma. Aliás, é uma beleza trabalhar com químicos, logo vêem uma porção de coisas... Vamos pegar estas duas observações... A minha experiência me diz que se você criou a idéia de pegar a substância, digamos o magnésio, um pedaço de metal..., e o gás oxigênio, ou, no caso, o ar, e do ar já tem essa idéia de oxigênio, até que o ar é só oxigênio, [para a maioria dos alunos] - isto também temos de discutir e aprofundar - o ar têm outras substâncias.... A experiência me diz, que ao pegar estas substâncias que queremos que interajam, a substância magnésio que vamos representar por Mg(s), representando claramente a substância magnésio, o metal... e não o átomo, a partícula..., no caso é a substância elementar magnésio.... e a substância gás oxigênio, substância elementar gasosa, presente no ar e representada por $O_2(g)$, a experiência me diz, repito, que os alunos aceitam facilmente isso.., essa representação, na verdade uma linguagem química inicial para eles.... Ao interagirem, em certas condições, no caso, aquecimento inicial em chama de bico de gás, produz-se algo novo, uma substância nova é detectada, um pó branco, no caso... Nesse caso se trabalha uma nova informação, esse pó branco é uma substância chamada óxido de magnésio... Estas informações todas, desde o "pegar" as substâncias reagentes, falar sobre elas, representá-las quimicamente como substâncias, expressando também o seu estado físico, seu estado de solução..., até a observação de algo novo, informando também que é o óxido de magnésio, representado por MgO(s)..., a forma de escrever a interação e a condição para que esta interação produza algo novo, o que fazemos pela equação química, tudo isso deve ser feito enquanto o fenômeno está em realização... Você estará totalmente no macroscópico, desde o pegar o metal, o gás oxigênio, que ele aceita estar no ar..., o pó branco se formando na interação e em certa condição... A forma representacional das substâncias envolvidas, as condições para a transformação ocorrer... entram como uma opção didática para introduzir a compreensão da nova linguagem própria da química e de grande importância para a compreensão dos fenômenos químicos...

A experiência de ensino me diz que o 2 (índice do gás oxigênio) é preocupação nossa, de professor! Não há esta preocupação por parte dos alunos, nem precisa haver a essa altura... Aqui só queremos representar a interação entre as substâncias e a condição de formação de nova... Eles aceitam que a representação do gás oxigênio em química é $O_2(g)$, que do magnésio é Mg(s) e do óxido de magnésio é MgO(s)... Por enquanto não se fala da constituição das fórmulas por modelos de ligação, por exemplo... Isto aparecerá mais adiante para, principalmente, justificar por que o gás oxigênio é representado melhor por O_2 e não por O... (...)

A questão da simbologia química no ensino inicial de química, pode-se chamar também de nível representacional[5]*, merecerá bastante dedicação em nossos estudos... No início a simbologia química $H_2O(l)$ para representar a água líquida, não dirá mais nada do que uma nova forma, própria da química, de representar algo, uma substância com a qual estamos sempre em contato... $H_2O(l)$ ou (s) ou (g) , não dirá nada, no início do ensino de química, se não estiver relacionado com o que cada um conhece de água...Ou seja, H_2O nada mais é do que outro símbolo (químico) ao qual atribuo o conceito água que cada qual já tem... Estamos, assim, introduzindo uma simbologia química que não significa nada além do que o aluno já conhece ou acaba de ser informado sobre determinada substância, por exemplo, água, gás oxigênio, magnésio... Provavelmente do óxido de magnésio tenha a primeira informação no momento em que o professor provoca a reação e o produz na forma de pó... Este pó formado passará a se chamar óxido de magnésio e representado por MgO(s), nada mais... Para água, H_2O, o índice 2 que acompanha o H não vai chamar atenção, o professor não vai se preocupar com ele... Só devagarinho vai chamando atenção que há símbolos químicos e que começam a se repetir.... O, por exemplo, aparece no gás oxigênio, $O_2(g)$, no óxido de magnésio, MgO(s), na água, H_2O, tanto líquida, sólida, quanto gasosa...*

Outra questão que vai ajudar muito na introdução correta, na minha visão, da química elementar, é a representação correta das substâncias elementares... Se você quer dizer enxofre, substância elementar enxofre, por exemplo, deverá apresentar com a simbologia de representação desta substância, S(s)... e não apenas S... Assim para ferro, Fe(s), mercúrio, Hg(l), gás nitrogênio, $N_2(g)$... Os símbolos isolados ou em fórmula representam para nós, e de maneira correta na química, apenas o elemento..., não a substância elementar... O estado físico, que eu aconselho representar sempre, dará mais concretude à representação da substância a que se refere... O ácido sulfúrico usado nos laboratórios de ensino será sempre uma solução aquosa ou $H_2SO_4(aq)$... Analisando os símbolos presentes logo se verá que temos: H, representando o elemento hidrogênio (não a substância elementar hidrogênio e que é $H_2(g)$), S, representando o elemento enxofre, O, representando o elemento oxigênio... A presença do símbolo aq indica que a substância está dispersa ou dissolvida em água..., portanto, temos água além de H_2SO_4... Esta forma de abordar a simbologia dá um 'tremendo' resultado para a aprendizagem posterior da química... ***Temos de compreender por que isto é verdadeiro...***

Ângela: Às vezes eu falo em símbolos dos elementos no 2º e 3º colegial..., eles [alunos], perece, não dão muita importância a isto. Mas fico pensando no 1º ano, quando você introduz a química...

Otavio: Olha, é muito importante, inclusive, Ângela, é fundamental... e minha prática mostra isto... Os alunos que tiveram química de forma tradicional, quando chegam no

[5] Os conceitos *macroscópico, microscópico e representacional* aparecem nessa reunião em decorrência da leitura do texto que tratava desses três níveis em que se pode abordar o fato químico.

3º ano ou na universidade, não distinguem elemento de substância simples...Inclusive os livros didáticos fazem confusão...

(há uma discussão sobre esta diferenciação)

Isa: Ontem à noite na aula falaram: professora, existe o átomo de oxigênio, hidrogênio... e o código da molécula... Falei que existe a união, assim: H_2, O_2, H_2O... O que é esta união, eles perguntaram!...

Ângela: Este tipo de dificuldade eles têm até o 3º colegial. Ao identificar os elementos, as substâncias...

Andréa: Eu gostaria de comentar algumas coisas, sobre a pergunta dos alunos... A gente fica muito ansioso para dar a resposta... (...) A gente pensa que tem que ensinar tudo! - ligação, ganha e perde elétrons... Eu acho que não tem que estar ensinando isso... É só dar uma resposta simples!

Otavio: É, exatamente! Não precisa dizer nada disso... Pode-se dizer: esse 2 faz parte da fórmula de representação da substância, por exemplo, gás oxigênio... Depois, ao dissecar a fórmula química, ao criar os modelos de ligação, então sim o aluno terá as informações necessárias e entenderá o por que desses índices...

É muito difícil ensinar qualquer coisa sem usar uma linguagem! Como é que vamos ensinar se não tenho uma palavra, uma representação... Mas, como vamos formar essa linguagem básica? - A idéia antiga de educação era mais ou menos assim: eu vou ensinar uma linguagem básica começando pelo elemento.... A alfabetização começava pelas letras, vogais, consoantes... a matemática começava pelos numerais, a química começava pelos átomos... Na alfabetização se imaginava que a junção de letras, formando sílabas e estas formando palavras... seria uma boa forma de ensinar às crianças... Hoje ninguém mais pensa assim porque os estudiosos da alfabetização mostraram que há formas muito mais eficientes... A criança lia as palavras, soletrava..., mas não fazia a leitura, não lia o contexto!

A mesma coisa em química... Os alunos podem até saber ligações, fazer as fórmulas químicas.... Mas isto não significa nada! E o que a gente quer é que o aluno aprenda química. E que tudo que ele vai falar signifique algo! Então, eu vou ter de romper com esta idéia de que é começando com o estruturalmente mais simples, unindo estas estruturas e formando fórmulas químicas de substâncias, depois equações químicas... eu vou ensinar, de fato, a química. Esta é uma ruptura que temos de fazer... em outros campos isto já foi feito... Paulo Freire foi mandado prá fora do País, não porque conseguia fazer com que os trabalhadores analfabetos conseguissem ler em uma semana..., mas porque ele conseguia que eles lessem o contexto deles e do País em que estavam... Os trabalhadores aprendiam a ler as palavras e sabiam exatamente o que elas significavam... a leitura se dava pela palavra toda, abandonando, em primeira aproximação, a idéia de se aprender primeiro as letras, sílabas... Liam logo a palavra chave do contexto e, assim, debatiam esse contexto...

A tematização, da forma como a imaginamos, permitiu que as práticas dos professores viessem à tona e, com isso, houvesse o confronto entre elas e as teorias que as informam (Marques, 1992), e mostrou-se interessante, também, pelos assuntos recorrentes que trouxe para a discussão.

Quando o tema foi ***modelos*** no ensino de química, tratou-se do uso de modelos e analogias, de natureza da ciência, de princípios epistemológicos; de preparação de aulas com a introdução das práticas, sem a tradicional separação teoria/prática; de ciência e sociedade! Tudo isso sem tornarmos dispersiva a produção do grupo. Havia um tema sobre o qual concentrar o esforço dos participantes, mas um tema aberto, colocado como questão/problema para ser redefinido na prática de cada um. Ou seja, a reflexão sobre modelos em química permitiu a introdução de um novo modelo de ação do grupo: uma **situação de alta vivência das professoras** que é problematizada pela reflexão sobre as práticas e em confronto com as teorias que as instruem e permitem modificá-las. Nesse tipo de ação, procura-se superar a velha idéia positivista de uma resposta única e tida sempre como verdadeira. As professoras começaram a sentir que poderiam questionar e romper o esquema que sempre aceitaram como sendo o único **currículo de ensino de química.**

O mesmo modelo de ação viria a ser adotado no ensino de química: ***fenômeno-problematização-representação-explicação***. Episódios de alta vivência dos alunos passariam a ser importantes no processo de ensino e aprendizagem e não obstáculo a ser superado, como era vista em algumas abordagens construtivistas. A problematização sobre essa vivência, sua representação figurativa, permitiria a confrontação com a representação formal que constitui o *saber escolar*, não mais como o único saber válido, mas importante saber para a construção e o exercício da concidadania responsável e o acesso à produção/reprodução cultural. O importante é identificar essas altas vivências comuns ao maior número possível de alunos e a partir delas começar o trabalho de ensino.

> *Otavio: Com esse tipo de atividade você faz o fenômeno químico acontecer e reflete sobre ele, discute evidências que me garantem que algo novo se formou... Então não precisa o capítulo: evidências para uma reação química... Estas próprias evidências são construídas pelos alunos... ao darem a explicação do acontecido aos colegas, e eles o fazem macroscopicamente, e o professor acompanha, [orienta], ensina a representação das substâncias e a representação do fenômeno [conforme a linguagem química].*

Outra coisa que se pode marcar é a questão de sistema... Não tem como definir sistema! É a própria prática ou o envolvimento com a transformação química que vai dando este conceito fundamental para a aprendizagem química... A idéia de sistema aberto, fechado.. vai se constituindo assim... Mais tarde se falará em sistema isolado também... Para Lavoisier os sistema são fechados, quer dizer, não há troca de material com o meio ambiente, e só assim a massa do sistema não varia... É por isso importante que se faça uma reação em sistema fechado, exatamente aquele em que variou a massa quando o sistema era aberto... O mais fácil é a reação do ácido com carbonato... Desta forma o aluno vai firmando um conceito de sistema e terá chance de entender os enunciados da lei de conservação de massa de Lavoisier que falam em reagentes, produtos, sistemas fechados... As palavras (conceitos) aí envolvidos vão se tornando fluentes pelo uso e pela atribuição gradativa de significados e não pelas simples definições... É assim que as palavras adquirem significados em nossa vida... Por exemplo, amor, amizade...Vocês imaginaram se fosse necessário nós definirmos primeiro isso para sabermos o que é amor, amizade... Na química também a gente deve falar essas palavras, usá-las... com o tempo elas se tornam gostosas e a gente estará familiarizado com elas e saberá usá-las adequadamente... Ex, solução... Não pode surgir de uma definição... Seria massacrante! Deve ser de uso diário até que se incorpore ao vocabulário da aula... é isto que eu chamo: ***formar a linguagem básica em Química.***

A mediação e negociação, com base no programa de ensino elaborado pelo próprio grupo, permitia também atribuir e explicitar significados sobre a lógica e a concepção tácita, isto é, não refletida, de alguns itens de conteúdos propostos. Era fundamental que os professores entendessem bem o que estavam propondo, refletissem nas teorias e práticas subjacentes a esses itens e, principalmente, na lógica que estavam propondo. Temos defendido que a lógica necessária para quem aprende uma ciência é diferente da lógica que estrutura esta mesma ciência ou a lógica com que ela é produzida pelos que a conhecem. É por isso que não é possível seguir um 'manual' de instrução, do estilo de muitos livros 'didáticos' brasileiros originados dos "cursinhos pré-vestibulares", para iniciar o estudo de química no ensino médio[6]. A lógica proposta nesses 'manuais' é a da química estruturada para quem já conhece a matéria e pode servir, perfeitamente, de revisão da matéria para prestar um exame tão genérico como é o exame vestibular no Brasil. O problema é que estes livros foram e são utilizados como 'manuais didáticos' junto a quem deve ser iniciado na matéria de química. O que seria adequado para uma boa revisão da matéria, caraterística original dos "cursinhos pré-vestibulares", tornou-se programa de ensino na maioria das

[6] Os mais utilizados são conhecidos como: Feltre; Lembo & Sardela; Carvalho, Tito e Canto. Todos possuem diversas versões em termos de extensão mas seguem, sempre, o mesmo esquema.

escolas brasileiras. Na verdade o programa se constitui, invariavelmente, pelo índice desses livros e que não diferem, significativamente, entre si[7]. A lógica proposta é a de um conteúdo científico pronto e definitivo e que cabe ao aluno memorizar e, assim, "ir bem no vestibular". Ou uma lógica segundo a racionalidade técnica em que assuntos "mais fundamentais", constituídos de princípios e leis básicas, precedem outros assuntos considerados aplicações dessas leis e princípios (Schön, 1983, 1987, 1992; Gómez, 1992). Nessa concepção de programa de ensino não há compromisso com a formação conceitual sólida na área de química e não há compromisso com a 'aprendizagem significativa' dos conteúdos próprios da ciência química. A tentativa, com base em tais programas, é a "transmissão" desses conteúdos ou a "transferência" deles para a cabeça dos alunos.

Analisar a lógica do programa proposto seria também compreender a concepção de ciência que estava subjacente a ele e o tipo de ensino e de aprendizagem que queríamos fossem desenvolvidos.

> *(...) Otavio: Olhando o programa de vocês logo aparece o assunto GASES... Por que? Sem dúvida há alguma razão para que apareça esse item no programa... Os estudos com gases, as relações quantitativas de massa e de volumes revelaram um problema na teoria atômica de Dalton... É que Dalton tinha convicção formada de que as substâncias elementares tinham como menor partícula o átomo deste próprio elemento... Isto lhe criou um problema para explicar a relação de volumes com que os gases reagem... Temos novamente uma situação histórica que pode nos ajudar a criar idéias novas sobre a forma de pensar sobre a química... Além disso nos permitirá entender melhor como é que a ciência anda e como é que se produz o conhecimento... Logo veremos que a teoria muda, a teoria ou explicação dos fenômenos é mutável e deve ser sempre visto assim pelos alunos... Ela é a forma como podemos e queremos explicar os fenômenos sob estudo... Estes mesmos fenômenos podem ser vistos de maneira muito diferente, dependendo sob qual teoria os estejamos analisando... Portanto, pode mudar, e muda, como se vê [e analisa] um mesmo fenômeno...*
>
> *Para encerrar hoje gostaria de apontar uma direção que poderíamos explorar mais ... Explorar ao máximo o modelo de Dalton, pensando com ele as interações entre os átomos para permitir a formação das diferentes substâncias, acrescentando ainda as idéias de Avogadro de moléculas, estruturas também mínimas que no caso das substâncias elementares gasosas eram constituídas também de união de átomos...*

[7] Tive oportunidade de analisar mais de 50 programas ou 'conteúdos programáticos' de Química, coletados junto a professores do ensino médio dos estados do RS, SC, e PR, entre os anos 90-93, através dos alunos licenciandos em Química, disciplina "Instrumentação para o Ensino de Química", do Curso de Ciências Plena - Hab. em Química, UNIJUÍ.

Disto surge o primeiro modelo atômico molecular com o qual podemos continuar representando muitas substâncias com a fórmula que é aceita até hoje... Isto tudo sem entrar em modelo de ligação química que deixaríamos para um outro momento...

Fica para próxima reunião a leitura do capítulo do livro de Chassot sobre os modelos na química...

A interação com as professoras e a tentativa de constituirmos um grupo de estudo e de pesquisa sobre a produção do conhecimento pedagógico no ensino de química, revelou-nos logo que as condições de tempo e espaço dos professores dificultavam as leituras de textos relativamente longos. Várias tentativas de proposição de leituras complementares ou preparatórias já haviam falhado. Os professores nunca se negaram a fazê-las mas as condições concretas de trabalho, os afazeres do dia-a-dia impediam que essas leituras fossem realizadas cuidadosamente. Havia a necessidade de buscar outras formas de produção do conhecimento pedagógico inovador junto às professoras que não aquela que exigisse muitas leituras.

O saber escolar deve permitir o acesso, de alguma forma, ao conhecimento sistematizado. Assim ele será reconstruído e reinventado em cada sala aula, na interação alunos/professor, alunos/alunos e, também, na interação com o entorno social. No caso da matéria de química a interação produzida, por iniciativa do professor, constituirá alguma idéia do que seja a química, como ela está presente na vida das pessoas, qual a linguagem própria para falar de coisas de química, etc. O que será reconstruído e reinventado dependerá do conhecimento pedagógico e da ciência química que o professor já possui e das condições que ele tem para desenvolver o seu trabalho. Isto envolve também os modos de "ver", de "sentir" e de "atuar" no mundo (Popkewitz, 1992).

> **"Neste sentido, é preciso encarar os atos de ensino como formas de regulação social, que selecionam os fenômenos, impondo-lhes fronteiras, classificando-os, distinguindo o essencial do acessório, sem esquecer que as fronteiras delimitam também o que deve ser omitido"** (Popkewitz, 1992 :47).

Na formação continuada dos professores, mesmo da forma como nós optamos realizá-la, a interação entre professores universitários e professores do ensino médio, permitirá redefinir, conjuntamente, esses conhecimentos, conscientes da inevitável ascendência, involuntária, dos professores universitários sobre os professores do ensino médio, nessa redefinição. Há até uma crença tácita de que os professores das universidades, através de seus cursos de formação de professores, das licenciaturas ou

da pedagogia, tenham papel preponderante na definição dos processos pedagógicos em graus inferiores, como vimos anteriormente. Mesmo que não quiséssemos acabamos "impondo" uma visão de conhecimento pedagógico e de ciência química às professoras com os quais interagimos. No entanto, ao nos propormos a fazer uma pesquisa conjunta, em que os professores também são sujeitos da pesquisa, necessariamente, estaremos adotando as visões e crenças dos professores sobre ensino, matéria, aprendizagem, aluno, professor, etc. A visão **histórico-cultural,** cujas bases teóricas buscamos em Vygotsky e outros, de ensino e de pesquisa participante ou pesquisa co-participada permitirá entender o processo que se deu. Mas é fundamental que todos compreendamos que há um *saber escolar* relacionado com a química e que a qualidade particular desse saber foi historicamente constituído e pode estar se repetindo, indefinidamente e por inércia, sem que os professores tenham oportunidade de reflexão mais sistematizada sobre os significados desse saber que procuram desenvolver. O currículo que desenvolvemos em nossas escolas contém as marcas de um Estado moderno e, portanto, com aspirações de *igualdade, fraternidade, justiça,* ideais que estão sempre mais longe de serem atingidos em nosso meio que se caracteriza pelas *diferenças sociais, religiosas, raciais e sexuais* (Popkewitz, 1992). Isto nos faz acreditar que todos os alunos possam aprender as mesmas coisas e na mesma proporção, indiferenciando os cursos noturnos dos diurnos, os filhos da classe média dos filhos dos trabalhadores, etc. Pensamos que todos necessitam as mesmas coisas para a formação de sua cidadania. Esta é uma forma de camuflar as diferenças e as desigualdades sociais de nossos alunos e o primeiro passo para a sua exclusão social.

> **"Embora não tenha esgotado as questões que o iluminismo coloca ao ensino, é útil assinalar que existem paradoxos de conhecimento e de relações de poder que produzem paradoxos na avaliação. A imposição de um currículo assume a transcendência de um certo conhecimento que tem potencial para conseguir uma sociedade melhor; contudo, propor um currículo é eliminar estruturalmente outras possibilidades. Este processo nunca é neutro e desprovido de implicações sociais. O conhecimento está sempre inserido num mundo material e social. As contradições do currículo são idênticas às dos nossos papéis profissionais"** (Popkewitz, 1992 :48).

A programação dos encontros, com base em temas amplos, poderia contemplar as diferenças de visão sobre os conhecimentos pedagógicos e de química

dos participantes, desde que houvesse espaço para as discordâncias e o debate. O tema era definido conjuntamente, partindo de situações de encontros anteriores, e a condução da reunião era de responsabilidade de um membro da equipe da universidade[8]. Os encontros em que o tema central foi a necessária *compreensão dos diferentes níveis em que se poderia trabalhar o conhecimento químico na escola e questões relativas ao ensino e aprendizagem com base nas pesquisas educacionais recentes*, ilustram bem as questões apontadas acima e a necessária reflexão sobre o trabalho com professores em formação continuada. Passarei a transcrever trechos de dois encontros com alguns comentários e que servirão para análise posterior das ações desenvolvidas.

A reunião inicia com uma exposição sobre critérios de organização de um plano de ensino...O motivo da exposição é a aceitação da idéia de que tudo o que se refere ao corpo de conhecimento químico pode ser classificado em algum dos três níveis: macroscópico, microscópico e representacional[9], e como cada nível se articula com os outros.

> *Roseli: ...vejam, são as informações do nível microscópico que explicam as propriedades que a gente observa no nível macroscópico... Daí a importância dos modelos, construções mentais, que têm a função de explicar as informações no mundo macroscópico... Então, a função do micro é compreender e explicar o macro... Em termos muito crus..., ensinar química é manter esta interrelação macro/micro... Por que? Não adianta a gente só martelar no nível macro... sob o argumento de que os alunos não entendem o nível micro, os modelos atômico-moleculares são abstratos..., não se pode deixar de fazer essa importante interrelação...A gente não está ensinando absolutamente nada de química se eu me concentro só no fenomenológico, no macroscópico, onde o aluno fica só observando, testando, medindo... Se a função do nível microscópico é explicativa e de previsão, eu não posso começar o meu ensino discutindo modelos... se eu não discuto primeiro a necessidade de introduzir esses modelos... As possíveis explicações seriam para o quê?... Onde vai existir a ponte da problematização, na hora em que eu vou levar o aluno a observar e analisar fenômenos e criar a problematização?... Como é que eu posso explicar a ocorrência desse fenômeno? Então, nunca a gente pode ensinar química usando os livros didáticos que estão aí... (mostra transparência de índices*

[8] Durante o ano de 1993 a equipe foi formada por 5 professoras da escola, 2 doutorandos em Educação (Otavio e Andréa), área de concentração em Metodologia de Ensino, e a professora Dra. Roseli Schnetzler, da FE da UNICAMP, responsável pela formação do grupo inicial, a condução da pesquisa e minha orientanda de doutorado.

[9] O tema já havia sido proposto através da leitura de um texto e que os professores não haviam lido totalmente.

de livros didáticos que estão no mercado...)... Já começam por conceituar matéria, substância... misturas de substâncias, substâncias simples (como formada por átomos do mesmo elemento químico)... Vocês querem coisa mais abstrata do que o conceito de átomo e elemento químico? Há uma definição ***formal*** *de substância química simples... Se eu colocasse que simples é a substância que não pode mais ser decomposta em outras... [esta] seria uma definição de caráter* ***operacional****... Tudo o que está na definição pode ser verificado...(...) Todos os conteúdos [nos livros didáticos] são de natureza microscópica... Até reações químicas, leis ponderais..., que devem ser trabalhados no nível mais macroscópico..., são aqui (nos livros didáticos) tratados não no nível macroscópico, são trabalhados no nível microscópico... O livro didático é um show de equações e fórmulas... Esta é a forma tradicional de se seqüenciar os conteúdos químicos...*

Ida: o macroscópico é só... somente prático, pode ser somente prático?

Roseli: Não necessariamente...

Ida: ... falar de transformação...espaço de laboratório

Roseli: sabe, há sempre uma grande distância entre aquilo que a gente fala ... É fundamental que o menino faça uma experiência... Porque química é uma ciência experimental e inclusive..., acho que a gente deve discutir aqui o caráter da observação, o caráter dessa experimentação... Mas, às vezes, você está falando coisas e pode assumir que são de conhecimento de alunos e estão significando [na verdade] coisas completamente diferentes... A compreensão que eles dão de coisas que você está falando, essa compreensão é a responsável por gerar entraves na aprendizagem do que você está querendo ensinar...

A fala da professora Roseli estava indicando um novo tema recorrente e apontado como de fundamental importância pela pesquisa educacional da metade da década de 80 em diante: **os alunos têm idéias sobre as coisas e elas fazem parte de uma estrutura conceitual que faz sentido para eles.** Essas idéias fazem parte de uma *rede significativa* consolidada na mente do aluno e que se o novo conceito for um *conceito isolado* nada acontecerá em termos de aprendizagem significativa (Giordan, 1989). Mas isto não estava, ainda, passando pelo pensamento das professoras. Havia outras preocupações e que apontavam o problema como sendo de ***aprendizagem*** do aluno e não de ***ensino*** como estava indicando a fala da professora Roseli.

Sara: posso ir pegar um relatório de uma ***observação científica*** *que proporcionamos aos alunos?...*

Graça:... esse negócio..., essa maneira de trabalhar e que a gente está tentando modificar... os alunos conseguirem..., mas o problema são os alunos... eles se comunicam com alunos de outras escolas... discutem o que estão aprendendo em outras escolas.... estão vendo isto ou aquilo...Eles querem a fórmula, é exercício, é

conta.... em cima do conteúdo todo da química... Ele tem esta idéia... Nós não adotamos livro... Então ele compara: é só isto de química? Até fazer a cabeça do aluno... que não é por aí...

Sara: Veja o relatório do aluno (é sobre a observação científica de uma vela acesa)... Já começa pelo título: AVELA (tudo junto)... O 4º item era o nome e objetivo: observar tudo o que pode acontecer com a vela e anotar numa folha... Este era o objetivo... Material utilizado, reagente... A parte a: examine cuidadosamente a vela, anotando suas observações: comprimento, diâmetro, cor, dureza... acenda a vela e anote o maior número de observações que você conseguir... inclusive sobre a chama. Então eles fizeram...(...) Na conclusão ninguém conclui nada... (...) A partir deste relatório a gente deveria trabalhar este relatório, dando as explicações para eles ou fazer eles chegar às conclusões... porque eles ficam muito assim..., um copia do outro... Foi um grupo só que fez melhorzinho, os outros ficam sentados mexendo os tubinhos... e agora o que eu faço ou não faço... Então eu queria saber como é que a gente pode trabalhar isto daí, porque eles não sabem a diferença de observar e interpretar... (a experiência foi no segundo C)

Roseli: Vamos devagar! O objetivo que você teve de mostrar isto para nós...

Sara: Verificar se eles conseguem ver o nível microscópico ou eles ficam só no macroscópico...

Roseli: Que turma é esta?

Sara: Segundo colegial

Otavio: Qual era a tua expectativa (sobre o relatório) ao fazer esta observação científica?

Sara: A minha expectativa era que eles conseguissem entender, a partir disto daqui, que de uma observação você pode chegar a alguma conclusão do que está ocorrendo numa reação química...

Otavio: Mesmo no nível representacional e nível microscópico?

Sara: Isso... Porque muitos colocaram assim na conclusão: É maravilhoso observar as inúmeras reações que a vela pode fazer...não sei o que... Mas, quê reações? Como é que eles podem chamar de reações?

Roseli:... sabe Sara, voltando à questão da observação, como foi colocado tem um problema! Mandou os meninos observar a vela... aí se coloca a questão do que eles escrevem...

A experimentação foi, sem dúvida, o tema mais saliente nesse momento do encontro. As professoras manifestaram a sua expectativa com essa dimensão do ensino de química e, ao mesmo tempo, a sua concepção de ciência, como já vimos anteriormente. Um aprofundamento dessa questão teria que ser proposto ao grupo e o encaminhamento mais adequado era agora possível pois as manifestações das professoras revelaram que isto fazia parte de suas preocupações e que eles não estavam satisfeitas com a forma que estavam utilizando para a química experimental.

Roseli: ... qual é a relevância? Eles devem ter pensado: a troco de que eu vou observar a vela? ... Quando a gente propõe uma situação experimental e que ela não gere um problema... Ou você colocou o problema antes e a experiência surge como necessidade de testar uma hipótese para resolver esse problema, ou a experiência é como um ponto para gerar um problema... E que se espera que seja um problema passível de interesse dos alunos. Para eles não é necessariamente interessante o que o é para nós... Agora, certamente, a estimulação para o raciocínio são coisas básicas para a cognição... Então, a primeira coisa é evitar de colocar a experimentação pela experimentação... O segundo aspecto é saber que existem passos entre o problema colocado e a conclusão... Você tinha colocado um problema: quero que vocês me observem a vela e apresentem uma solução... Existem passos entre estas duas coisas. São passos de cognição... a gente tem de mostrar para eles aspectos da situação, estimular..., você já pensou nisso? .., e através de questões.(...) Você tem que ir colocando perguntas que são num nível mais ou menos crescente de dificuldades até que você consiga levar este aluno à resposta esperada... Ele sozinho, sem pai e nem mãe, ele deve fazer um salto cognitivo muito grande... Então estava pensando que poderíamos analisar alguns roteiros experimentais... alguns guias experimentais... Como é que esses guias resolvem esse problema do salto cognitivo... Não sei, como é que vocês vêem isto? (ninguém das professoras se pronuncia sobre isto).(...) Acho que até para dar suporte e a gente poder analisar melhor essa função do ensino experimental, a função da experiência, a articulação da experiência com a parte teórica da química, talvez devêssemos estudar o próprio caráter, o que significa a observação... Tem um texto e que é muito gostoso, que vai falar sobre a questão do método científico e o trabalho experimental[10] *- Como é que a ciência é vista..., como a gente vê a observação... Uma hora em que a gente começa a refletir sobre isto, necessariamente, a gente vai mudar pedagogicamente...*

(...) Seria talvez interessante vocês escolherem algumas dessas práticas, alguns desses guias que vocês vão usar, estão usando. A gente também pode fazer isto. Têm maneiras de aumentar a eficiência do alunado...

Ida: ... não é um fator de complicação? ... Cada aluno observa de alguma forma diferente!

É importante observar que a professora Ida voltou à questão inicial da reunião na qual se insistia que os alunos expressassem as suas idéias sobre o que estava em discussão para uma possível mudança de ensino por parte do professor e de aprendizagem por parte dos alunos. A questão da química experimental passou 'lotada'! Ela logo anteviu as dificuldades práticas de um programa de ensino onde as idéias dos alunos deviam ser levadas em conta. A experiência da professora, a sua

[10] Texto de Derek Hodson

vivência de sala de aula, as suas crenças na homogeneidade dos alunos ou na necessária homogeneidade deles fazem prever mudanças na condução do seu ensino e isso é um *complicador.* É precisamente esse conhecimento profissional dos professores que precisa ser levado em conta pelos pesquisadores educacionais e pelos professores universitários. As propostas pedagógicas inovadoras só terão sucesso se enfrentarem essas barreiras e limitações que os professores apontam e, ao apontá-las, mostram a compreensão do que precisa ser feito. Não pretendemos analisar isso como *resistências* gratuitas ao novo, ao inovador. Era fundamental que essas vivências aflorassem e, assim, fossem problematizadas e analisadas pelo conhecimento didático-pedagógico já sistematizado e que poderia não ser o mais indicado para uma situação prática. Uma classe de 35-40 alunos não é, certamente, um problema técnico ao qual se aplica uma solução técnica!

Roseli: é, pelo que ele já tem na cabeça...
Ida: você também colocou que o ideal não é partir do conhecimento mas da prática... Não é muito fácil lidar com estas questões todas... Acho importante a gente ver isso, acho interessante...
Roseli: o professor(...) tem que deixar muito claro, para o aluno, qual é o objetivo que ele está tentando atingir... O que é uma aula? É uma viagem, certo... Nós vamos dirigir o carro, está andando, um montão de gente atrás; eles precisam saber para onde estão indo... Eu vou mostrar uma coisa para vocês que, aparentemente, não tem nada a ver... Eu estava discutindo com o pessoal que faz a licenciatura química, maneiras que pudessem usar em aula para, mais rapidamente, eles poderem 'tirar' o que os alunos pensam sobre as coisas... Principalmente mostrando para eles que na formação dos conceitos..., conceitos só existem aqui, na cabeça, são coisas abstratas... Então nós vamos usar as palavras para expressar as nossas idéias, nos comunicar e aprender novas coisas... A questão é que conceito e palavras não são as mesmas coisas... Por exemplo, quais as palavras, os sinônimos para expressar uma mesma idéia? Várias idéias podem também ser expressas com as mesmas palavras... Foi isto que aconteceu... eu pedi para eles escreverem sobre um papel e, para isso, teriam 30s para escreverem palavras que evidenciassem como é que entendem a palavra ***concentração****... Este é o resultado (projeção em transparência). Olhem o que sai (comenta o quadro obtido)... Isto aconteceu na minha sala de aula de prática de ensino de química. Como é que nós trabalhamos isto? Primeiro vem a estranheza... Por que a estranheza? A gente acha que todo mundo vai entender* ***concentração*** *do jeito que nós estamos significando. Entendemos uma relação de quantidade de soluto numa solução... Mas isto tem a ver com que as pessoas tem aqui (na cabeça). A palavra concentração expressa essa relação química para nós,*

mas ela expressa outras coisas também... Todas elas são possíveis... (continua a elencar as respostas dadas).

Ida: Mas a explicação fora do contexto...

Sara: Se ela tivesse falado, o que você entende de concentração em termos químicos, aí o resultado já era outro... (segue-se uma discussão...)

Roseli:... concentração foi só um exemplo. Veja outra palavra: propriedades, equilíbrio, solução...

Ida: o único cuidado que tenho sempre com as palavras, quando estou lendo um texto ou estou falando, é impedi-los que possam ironizar... Mas nunca pensei em palavras que estou estudando que possam levar a relações que não sejam [aquelas relativas ao assunto que estou discutindo]. Eu tenho este tipo de cuidados...

Roseli: eu vou fazer uma brincadeira com vocês, mas é uma coisa séria... Fechem os olhos e se concentrem para perceber o que vem à mente de vocês quando escutam a palavra caneta... O.K. (os professores relatam...)

Roseli: ...as imagens que vêm são diferentes porque cada um tem uma história de vida... É lógico que vocês todas tiveram idéia de caneta que nos permite, inclusive de estarmos falando e nos entendendo... Porque a gente vive numa mesma cultura o que nos permite entender os significados. Agora, percebam que não veio BIC azul para todo mundo, já que é a mais usada, vieram atributos, noções de atributos criteriais de caneta, ou seja, permite escrever... Ou vem a cor azul, ou vem a escrita, ou vem o papel... Mas além disso vem todo um caráter emotivo... Toda a palavra tem associada a ela dois significados: significado denotativo, que trata dos atributos do conceito. Então, o significado denotativo de caneta é: ter tinta e servir para escrever. Isto a gente aprendeu..., o meio cultural ensinou... Há o significado conotativo, expresso por emoções, as percepções... É do nível emotivo...Nós, felizmente, não somos máquinas bem estruturadinhas e que pensamos igual... Quando estamos em sala de aula, o que estamos usando o tempo inteiro?... A línguagem! Estamos falando palavras e tentando expressar idéias, as nossas idéias... Na hora em que os alunos escutam as nossas palavras (...) eles têm outras vivências, outras experiências relacionadas com as palavras que ouvem... As idéias que vêm à cabeça deles podem, então, ser muito diferentes das que você está querendo expressar... Por isso é fundamental a gente sempre explicar o que está querendo dizer... e sempre procurar perguntar para eles qual é o significado que eles estão atribuindo àquilo que eles estão falando... Não é só a gente explicar o que está querendo dizer... Temos de saber o que eles estão pensando... Caso contrário, a gente está pensando que eles estão indo muito bem, que estão indo no caminho indicado... e eles estão em outro muito diferente...

Sara: ... a criança, ela cria isto daqui sozinha (refere-se a um desenho de criança), de acordo com que ela conhece da vida dela. Nenhuma casa em que ela foi tem uma porta triangular, por exemplo... Cada criança cria o universo dela, de acordo com que ela já conhece, explicou a psicóloga, e aí ela monta na imaginação dela... E nunca a gente deve falar não, está errado, a porta está errada...

Roseli: Foi bom você ter trazido isto... Uma das coisas que se pode explorar com os alunos é eles desenharem... Como é que eles concebem solução, como é que eles concebem as partículas, os equilíbrios, a transformação química..., através do desenho. Depois perguntar a eles que digam o significado que quiseram atribuir a esses desenhos... Qualquer coisa, experiências, que os alunos vão observando; a gente só observa com o que está dentro de nossas cabeças. E como eles não estão ainda iniciados na questão química [eles tendem a ver muito diferente as questões relativas à química]. Nós tendemos a observar [de maneira semelhante]..., o nosso conhecimento é praticamente semelhante. Isto nos permite enxergar uma reação de uma maneira... Eles não! (...)

Até uns anos atrás era dito: é importante o ensino de ciências porque através dele a gente aprende a desenvolver a observação, capacidade de elaboração de hipóteses, criação...Até hoje se fala assim... Vamos pensar num absurdo desses: observação, elaboração e testagem de hipóteses, resolução de problemas..., isto a gente não faz todo dia? Todo mundo, todo o ser humano [faz isto constantemente]... É a capacidade do ser humano. O que de especial o ensino de ciência, de física, de química..., faz? Vamos tentar desenvolver essas capacidade [que fazem parte de nosso ser], dentro dos esquemas conceituais da disciplina. Por exemplo, quando vou ao laboratório com o aluno, eu não estou interessado que ele observe a cor da parede do laboratório ou a cor do armário... Eu estou interessado que ele observe o sistema químico que ele está trabalhando... Mas, para ele fazer isto, ele precisa ter esquemas mentais que lhe permitam enxergar estas coisas...

Otavio: ... E que têm que ser desenvolvidos também! Há esta [relação] dinâmica [entre aprendizagem e desenvolvimento]...

Aparece aqui uma situação de fundamental importância, fruto já de uma nova constituição dos próprios componentes da equipe da universidade**: qual é essa relação entre a aprendizagem e o desenvolvimento mental?** A idéia de desenvolver as próprias capacidades mentais superiores, como memória voluntária, raciocínio... através da aprendizagem escolar, mediado por instrumentos e signos, viria a se tornar, com o decorrer do tempo, um outro modelo de ensino e aprendizagem, com base na tendência sociocultural ou histórico-cultural, como alternativa à concepção construtivista mais centrada nas concepções de Piaget sobre o desenvolvimento dos indivíduos e a constituição dos sujeitos.

Sara: ... olhar as experiências...., começar a ver a matéria para ver o que a gente pode deixar em aberto, questões que possam ser levantadas... A gente é muito de chegar e socar a matéria sem perguntar nada. Então, que tipo de questão que pode ser?...

Roseli: A gente estava até trocando umas idéias..., no seguinte sentido: não sei se isto vai ser útil prá vocês, por exemplo..., vamos trabalhar juntos uma ***unidade [de***

__ensino__]... Quer dizer, para a gente desenvolver uma unidade qualquer, a gente precisa ter idéias dos alunos, mais ou menos como é que eles pensam, imaginam essas coisas... Pensar em procedimentos metodológicos, procedimentos de avaliação..., com isso a gente também mete a mão na massa, discute o conhecimento químico..., e fica uma coisa mais palpável, a gente produz alguma coisa pro grupo. Agora, existem duas possibilidades aí... Ou se faz pretensamente algo novo para o ano que vem, que eu acho que está muito distante, e a gente não teria o feedback logo disso aí, ou se pensa em alguma coisa do seguinte tipo: a gente escolhe alguma unidade, das que vocês vão trabalhar em junho, por exemplo, dando um mês a mais para nós..., nos nossos encontros aqui, para a gente ir preparando a unidade. Aí escolhemos uma outra para ser vista no mês de setembro, pegando o mês de agosto para a gente trabalhar nela... E uma outra em novembro...dando o espaço de outubro para se trabalhar... Isto se vocês quiserem! Se pretendem continuar, se isto é interessante... Idéias a gente tem e vocês têm muitas também, mas precisa ver se existe acordo de interesses... Por exemplo, daqui a 15 dias... Eu acho importante a gente discutir [primeiro]essa questão do __ensino experimental__, que pintou aí, mas também eu queria aprofundar um pouco mais dentro do que falou a Ida, de trazer algumas coisas mais no nível dessas idéias que os alunos têm, como é que a gente pode trabalhar essas coisas... Que, num certo sentido, é a proposta, a nova concepção de ensino, a nova concepção de aprendizagem...

Pensem nessas possibilidades, conversem entre vocês para ver se é interessante...

Graça: Para nós..., pelo menos para mim está sendo de grande valor... É excelente em todos os sentidos. O detalhe é o seguinte, é que nós trabalhamos o primeiro, o segundo e o terceiro ano... Temos de pensar nisso...

Otavio: A nossa idéia é que desenvolveríamos uma unidade em cada uma das séries... Não vamos mudar o mundo, vocês têm um programa... Se vocês acharem conveniente a gente escolheria uma unidade em cada série [partindo do programa de vocês].

Graça: Na próxima reunião vamos discutir esses lances da observação, vamos dar uma olhada no roteiro...Cada um já dá sugestão o que trabalhar primeiro, sugestão prá essa unidade para junho... para o primeiro, segundo e terceiro ano

Roseli: O que seria importante, Graça, que a gente marcasse um horário... para que a gente trocasse esses textos... Por exemplo nós temos de pegar o que vocês selecionarem, das experiências que vocês querem, e nós temos de providenciar o texto sobre o qual vamos discutir o __método científico__ e uns dois ou três guias que a gente traria também pra olhar... Seria interessante que vocês lessem os textos e olhassem os guias...

A preocupação com a autoformação das professoras, através de leituras individuais, fora do horário dos encontros, mostrou-se problemático. As professoras não conseguiam fazer essas leituras, com suficiente concentração, a não ser em

horários que gostariam de dedicar às suas famílias. Na distribuição do tempo profissional não há espaço para as atividades de auto-aperfeiçoamento. O tempo previsto para as atividades de preparação de aulas, correção dos trabalhos dos alunos, atividades ligadas ao atendimento de normas burocráticas próprias da escola, mostrou-se insuficiente e os professores já usavam horas a mais para cumpri-las. Um bom programa de formação continuada de professores deverá contemplar essa limitação da vida profissional dos professores. Pensamos que o estudo individual do professor, planejado e coordenado em espaços coletivos, criados dentro da própria escola ou por grupo de escolas, é atividade inerente ao exercício profissional e, por isso, deve ser uma preocupação permanente dos próprios professores, das escolas e dos sistemas educacionais. A atividade remunerada, extra-sala de aula dos professores, não pode continuar a ser a busca da sobrevivência financeira deles, fora das atividades próprias ao exercício do magistério, em nome de preservar um ideal de se manter professor porque gosta de ser professor ou porque se realiza como ser humano ao ser professor. A *mídia*[11] parece admirar mais um 'professor' que se obriga a ser taxista ou uma 'professora' que se obriga a ser guardadora de carro nos centros urbanos do que o professor que resiste e sabe ser profissional intelectual, e quer usar o seu tempo para *o estudo, a leitura, a pesquisa,* essenciais ao bom exercício profissional. Os exemplos de bons professores, aos olhos da *mídia,* parecem ser aqueles que mais conseguem ganhar dinheiro nos "bicos" que se obrigam a fazer em atividades completamente alheias às atividades próprias de professor.

Mesmo sabedores dos limites de tempo e espaço dos professores e da desvalorização econômica e desprestígio social da profissão de professor, insistíamos para que as professoras do grupo fizessem as leituras necessárias e, assim, conseguissem uma interação mais refletida dentro do grupo. Este procedimento poderia estar reforçando a idéia da necessidade desse espaço e tornar-se conquista futura dos professores. Melhor dizendo, **reconquista** do espaço, uma vez que isto já existia, na forma de contratação dos professores, há alguns anos.(Franchi, 1995). Hoje esse tempo deveria estar aumentando pelas novas necessidades de formação e atualização dos professores, no entanto, ele é sempre mais diminuído conforme nos mostra o estudo desenvolvido por Franchi (1995).

Compreender a natureza da ciência química e como ela se dá no ensino e na aprendizagem passou a ser um tema importante, revelado a partir das pesquisas educacionais, principalmente as pesquisas realizadas na década de 1980 sobre as

[11] Ver, por exemplo, Globo Repórter, 12/01/96.

idéias alternativas dos alunos relacionadas às ciências naturais. No âmbito da pesquisa educacional, mais ligado à educação científica, estava claro, já no início dos anos 90, de que era fundamental que os professores conhecessem mais sobre o pensamento dos alunos, bem como, sobre a natureza da ciência que estavam ensinando. No entanto, isto não era prática usual nos cursos de formação desses professores. Daí a necessidade de tematizarmos, em nossos encontros com os professores da escola, a questão do ensino com base nas pesquisas educacionais mais recentes.

Pudemos constatar, com dois meses de atividade conjunta, nos encontros semanais, que as professoras atribuíam a pouca aprendizagem sobre os conteúdos ensinados, ao fato de os alunos não se interessarem pela matéria e não prestarem atenção àquilo que queriam 'transmitir' nas aulas. Embora admitissem que a aprendizagem é da responsabilidade do aluno, ela não tinha nada a ver com o ensino que estavam praticando. O ensino praticado era, essencialmente, correto e não conheciam outro. Ele poderia ser definido mais ou menos assim: é o professor que deve procurar 'transmitir' os conhecimentos químicos, cujos conteúdos estão definidos no programa, e que cabe ao aluno repeti-los, demonstrando, assim, que aprendeu!

A nossa mediação teria que ter a função de propor outro patamar de concepção de ciências, de ensino e de aprendizagem, sem desconhecer o patamar em que estavam atuando os professores.

> *Roseli: Estou com a idéia de discutir as concepções de* ***aprendizagem*** *e* ***ensino****. (...) discutir isso até às 18 horas e depois, na outra hora, a gente discute as questões das experiências...*
>
> *Eu queria começar mostrando a vocês uns dados... (mostra transparência de dados obtidos em 1989, na própria escola em que estávamos atuando). O que nós fizemos foi acompanhar o processo de ensino e aprendizagem de alguns conceitos químicos, em três classes e esses dados [projetados] são relativos a uma classe de 45 alunos, na qual o professor estava aplicando um projeto inovador de ensino de química.. A primeira unidade do projeto trabalha a conceituação de transformação química e, inclusive, é feita através da experimentação... O* ***guia experimental*** *tem a função de não dizer ao aluno o que é o conceito mas, através da experimentação e através de uma série de questões que se faz, o aluno chega à idéia do conceito... Nós não participávamos da aula, eu ficava sentada lá no fundo ou no laboratório, apenas observando... Antes de o professor começar a trabalhar, nós aplicamos um teste com os alunos e inclusive, em função do resultado do teste, a gente entrevistou alguns alunos... As perguntas feitas eram muito amplas, abertas, do tipo: o que você entende por reação química?... (mostra alguns tipos de respostas)...*

Antes da instrução... os alunos expressam idéias. Se elas são corretas, incorretas, estranhas... é uma outra coisa... O que a coluna 1 [da projeção] expressa é que o aluno não é vazio de idéias... Ele está no mundo, interage com uma série de coisas no mundo, tem a TV, os meios de comunicação... e ele, em função dos vários conceitos científicos [veiculados], dos problemas que enfrenta, situações que o envolvem, cria, constrói suas possíveis explicações. Essas idéias que os alunos trazem, são denominadas concepções alternativas, porque são alternativas em relação a uma concepção cientificamente aceita... Há alguns anos atrás essas idéias eram classificadas como idéias incorretas... Isso foi abolido porque essas idéias eles constroem se defrontando com problemas, com fenômenos (...) Eles constroem [as suas idéias] através da interação com o mundo e, assim, elas não podem ser consideradas totalmente absurdas. Foi através do contato, de estar no mundo, frente a fenômenos, que eles constroem essas idéias... Elas são distintas das idéias científicas e, muitas vezes, elas são bastante antagônicas às idéias da ciência. Agora, existe uma particularidade muito grande com relação a essas idéias... É que, pelo fato de estas idéias fazerem sentido para o aluno, porque [com elas] ele enfrenta os problemas dele, as situações da vida dele. (...). Funciona para ele! E se funcionam são, para ele, muito fortes, vamos dizer, muito poderosas. Elas são resistentes à mudança... Então, a primeira coisa que é importante nessa tabela, é a gente se conscientizar que os nossos alunos não são vazios... Uma cabeça "vaziazinha" de química, que eu, como professor, posso estar enchendo de conteúdos. (...) Como este aluno não é vazio, ele tem idéias, na hora em que eu falo: olha, a sua idéia está errada... E ele diz: ah, professora, está errada.... que bom... A gente não aprende simplesmente porque o outro fala... Em outras palavras, vocês não aprendem comigo, eu falando aqui, se vocês não quiserem aprender e que as idéias que vocês têm na cabeça sobre ensino, sobre aluno, sobre química, sobre ensino experimental, sobre escola, sobre o papel do professor..., tudo isso interage com outras idéias a respeito desses conceitos que se possa falar aqui (...) e que estas idéias que vocês têm, que vocês construíram ao longo da história de vida de vocês, elas passam a ter uma força muito grande... Então, tanto o que ocorre com o aluno na sala, como o que o ocorre com o professor em capacitação continuada, ou de treinamento, nada mais é do que uma tentativa de mudança nas idéias...

Estou tentando dizer para vocês, e insistir em dizer, que o aluno (...) tem idéias sim! Essas idéias fazem sentido para ele e, por isso, elas são muito resistentes à mudança.

Com essa fala estávamos colocando para os professores que tanto eles quanto os alunos têm idéias sobre as coisas e que elas interferem na forma de compreender as coisas. Relatos de pesquisas já haviam mostrado que propostas inovadoras de ensino adotadas pelos professores são alteradas por eles segundo as suas crenças e convicções, perdendo completamente as características originais segundo as quais

foram concebidas. Isto aconteceu, também, com o material do projeto, a que se refere Roseli:

> *Roseli: A instrução começou...O professor levou os alunos ao laboratório, eles fizeram a experiência. É uma experiência onde eles fazem 14 testes... O que a gente está procurando trabalhar aqui são evidências de uma reação e que, através de uma série de questões, que é de análise de dados, a gente vai levar este aluno a conceituar transformação química e transformação física... O que ocorreu nessa instrução foi bastante diferente do que está aqui... Por que? Por que este material, como qualquer livro, é uma coisa fria... Quem dá vida a isso aqui é o professor... O que ocorreu é que as concepções do professor eram diferentes das concepções que estão embasando isto daqui... O professor levou ao laboratório, os alunos fizeram as experiências e ele disse, ele definiu o conceito, e logo depois que eles terminaram esse guia, resolveram tudo, anotaram no caderno, fizeram os exercícios...*

As idéias construtivistas hegemônicas entre os membros do grupo de professores da universidade, em 1993, eram aquelas que propunham a *mudança conceitual* como aprendizagem efetiva de um conceito científico. Os modelos de ensino buscados teriam que ser capazes de promover a mudança conceitual; os alunos manifestavam uma idéia sobre determinado assunto, essa idéia fora formada em seu cotidiano e geralmente não correspondia ao conceito científico que se desejava ensinar. A aula seria conduzida de tal forma que o aluno abrisse mão de sua idéia e adotasse a idéia cientificamente aceita. Algumas condições eram necessárias para que isso acontecesse e elas seriam proporcionadas, basicamente, pelo ensino. Era isso que tentávamos difundir e promover junto aos professores, esperando que, a partir disso, surgisse uma nova prática para o ensino de química:

> *Roseli: ... Em síntese, vocês percebem que o que ocorre no ensino é uma tentativa de promoção da mudança conceitual. Aprender química para o aluno significa (...) uma mudança na concepção dele (...) O processo de ensino tem que ser centrado na tentativa de promover a ocorrência de mudança de concepção no aluno.(...) Vocês realmente acreditam que os alunos têm idéias? Porque, se a gente não acreditar nisso....*

A fala do professor acontece, geralmente, em patamar diferente do patamar de entendimento dos alunos. Isto também acontece, muitas vezes, nas falas dos professores universitários em relação aos entendimentos dos professores de outros níveis escolares. Havia na fala da professora Roseli, toda uma estrutura conceitual referenciada às idéias construtivistas e ela falava de um modelo de ensino que tenta

produzir a *mudança conceitual* nos alunos partindo do pressuposto de que os alunos já têm idéias sobre as coisas e que estas idéias interferem na aprendizagem dos conceitos que se deseja trabalhar em sala de aula. O entendimento das professoras permaneceu no nível de suas vivências que é o de fazer os diagnósticos sobre os conhecimentos dos alunos para partir do ponto em que eles estão. Mas esses diagnósticos se referem, geralmente, aos conhecimentos escolares já estruturados em anos anteriores e não é a isso que Roseli se referia.

Ida: (...) Quando a gente faz diagnóstico com eles no começo do ano, eles acham que não sabem nada... A gente pede que eles escrevam o que acham...
Roseli: E o que vocês fazem com essas idéias?
Ida: Eu...o que eu fiz foi o seguinte... Eu verifiquei o que eles achavam, a maioria não achava o que eu queria..., aí eu coloquei o que eu achava, o que era correto...
Roseli: Então, isso aí que você fez é exatamente a situação em que o aluno diz X e você diz Y... Não acontece nada de efetivo aí.

Era necessário chegar mais próximo da vivência dos professores...

Roseli: eu queria voltar aqui ao esquema que vou começar a montar, para vocês verem o que diferencia a 'decoreba' da aprendizagem significativa. (...) Aprender significa relacionar. Lembrando disso, a metade dos problemas já fica resolvido. A gente só aprende porque relaciona idéias. Então, se aprender significa relacionar idéias, a palavra relacionabilidade de idéias ou entre idéias, é fundamental para a gente propiciar [aprendizagem], para a gente aprender... Eu, na posição de ensinar transformação química pela primeira vez, vou ter que me perguntar o seguinte: em qual idéia eu posso relacionar essa idéia que eu quero ensinar? Em qual idéia já na cabeça do aluno? Aí eu percebo que transformação química é um tipo de transformação. Então, existe um conceito mais amplo que este aqui e que é o próprio conceito de transformação (...), muito mais amplo que a transformação química; porque existem vários tipos de transformações... Então, se estes alunos tiverem a idéia de transformação já é o começo (...) desse processo de ensino. Eu vou chamar, esse conceito de transformação, de A, porque ele é muito mais amplo que o conceito de transformação química. O que acontece na cabeça do aluno quando chego na sala de aula e, ao invés de falar: hoje nós vamos falar de transformação química e nós vamos falar disso, disso e daquilo, eu chego para eles e falo: que nós vamos falar de um conceito super-importante em química e prá isso eu preciso saber como é que vocês entendem a transformação. O que é uma transformação pra vocês?... Quer dizer, numa simples pergunta... Eu posso acender um cigarro, rasgar um pedaço de papel, e perguntar: está ocorrendo uma transformação aqui? Não interessa se química ou é física. É besteira a gente ficar enfatizando essas distinções! Se eles falarem assim: ah, transformação é uma mudança... Pronto, é

isso que precisa. Então: está O.K., é uma mudança... Hoje nós vamos ver uma mudança e que é fundamental em química. É a transformação química... Aí eu começo a explicar o conceito... O que ocorre na cabeça dele? Quando ele escuta ou quando ele fala, quando tenta responder à minha pergunta, quando ele escuta a minha pergunta: o que é transformação? Como é que você imagina que seja uma transformação? A cabeça dos alunos, a nossa cabeça, é cheia de idéias... Quando eu faço a pergunta é como se eu estivesse 'cotucando' esse conceito [transformação], para ele subir, ele ficar disponível na cabeça do aluno. Aí eu posso começar a explicar; e se espera, com isso, que, na hora em que ele escuta um conceito, isso relaciona com a idéia de transformação que ele tem; é ele que vai atribuir um significado ao que ele está escutando eu falar. Então, a idéia de transformação que ele tem altera aquilo que ele escutou de mim, assim como isso altera a idéia de transformação que ele tem.

(...) O que ocorre, na maior parte das vezes, é que a gente define as coisas sem ter o cuidado de perceber se esse cara tem idéias, potencialmente ancoradouras, daquilo que a gente quer ensinar. (...) Percebam o seguinte: tudo o que se faz em termos de ensino, se a gente não partir do que o aluno já sabe, a gente está contribuindo para criar condições pra criar [um] tipo de aprendizagem, a aprendizagem mecânica. Se eu sei o que o meu aluno pensa sobre aquele conceito que estou querendo trabalhar, eu tenho um parâmetro, como professor, de saber o que é que eu tenho que fazer para ajudar esse relacionamento.

E se o aluno não tem esse conceito amplo de transformação, o que eu faço? Você tem que trabalhar primeiro isso...Tentar ancorar isso no aspecto de mudança... É muito pouco provável que ele não tenha, pois é um conceito muito do cotidiano... Então, o básico é, se a gente quer, e a nossa função é essa, favorecer que o aluno aprenda, dar condições para ele aprender, a gente tem que partir do que ele sabe... Não é do que nós achamos que ele, possivelmente, saiba! Ele precisa expor a idéia que tem a respeito daquilo que nós perguntamos... Quando a gente fala assim: ensine a partir daquilo que o aluno já saiba... Podemos pensar: Mas... vou ter que saber tudo o que esse aluno já sabe? Vou ter que saber a idéia que ele já tem sobre o conceito que eu pretendo trabalhar... Para isso a gente leva um minuto, dois minutos...cinco minutos no máximo para a gente identificar essas idéias... Em síntese, em função disto é que o ensino de química é um processo que visa isto daqui: ele não é vazio, ele tem idéias, o que nós precisamos fazer é tentarmos promover a mudança; ou seja, ele pensava a e passa a pensar a idéia cientificamente aceita.

Isto é difícil?... O que vocês acham?... Baboseira?... Pode até ser... Como é que vocês acham que deve ser uma aula dentro dessa visão?

Os professores começaram a atribuir significados novos, ou seja, começaram a entender o processo. Mas a referência é a sua prática, a sala de aula em toda a sua complexidade...

Sara: Uma aula em que eles participam, né... Que eles fiquem conversando com a gente e não fiquem lá paradinhos, só ouvindo....
Roseli: E aí, o que se faz com esse movimento?.... Vejam, tudo isso aí é muito diferente do que nós aprendemos.... Como é que vocês imaginam que deve ser uma aula, que tipo de dificuldades vocês acham que esse tipo de concepção implica? Essa concepção de aprendizagem, de ensino, como um processo que favoreça essa mudança?
Ida: Avaliar como é que a gente chegou até aí? Se a gente atingiu o aluno....
Roseli: Avaliar se ele mudou ou não mudou...
Ida: Sim! Mudou ou não mudou... Ou se mudou para aquela forma que você falou... Ele tem a idéia dele, ele não deixou a idéia dele de lado, mas como ele sabe o que eu quero, ele.... Por que fica difícil... Como é que a gente vai diferenciar? Primeiro você vai elaborar um assunto, você pode elaborar dúvidas que foram suas ou dúvidas que você acha que podem surgir desse conceito, e começar uma aula a partir daí. Perguntar e verificar se é aquilo ou não que eles têm como dúvida, que eles têm como conceito formado. E a partir daí falar o que é ou não é, dar exemplo e não exemplo. Agora, é difícil depois disso, através do que a gente faz, das avaliações assim, chegar e avaliar se foi ou não, qual o tipo de alteração que ocorreu ou não...

O que poderia ser visto como resistência das professoras às mudanças de seu ensino, pode ser visto, também, como uma compreensão das dificuldades práticas que acarreta um ensino conduzido da forma proposta. A defesa das posições tornou-se inevitável, tanto por parte dos professores universitários quanto por parte das professoras da escola:

Andréa: Eu queria colocar uma coisa... Acho que à primeira vista aquilo que a Roseli colocou, a gente tem a tendência de pensar que se dá em uma etapa. Dá para você pensar isso...Então o aluno vem com o conceito de transformação, eu venho com o conceito de transformação química, ele vai relacionar uma concepção com a outra e tudo bem... Mas é preciso que a gente pense, como a Roseli falou no início, a idéia que o aluno traz é muito resistente à mudança. Mesmo que haja a possibilidade de ancoragem de uma idéia nova com a idéia que ele já tem; a mudança da idéia que ele já tem demora um pouco. (...) Você, provavelmente, vai ter que lidar com situações onde você vai, não provar para ele que sua idéia está correta, não é provar para ele que sua idéia é a certa..., mas que a idéia que ele tem não dá conta de explicar tudo. Têm algumas situações que não vai ser possível ele explicar e que você vai oferecer uma outra idéia que explica um pouco mais, que é melhor e que mesmo assim você não garante... Você precisa ter outros fatores, você pode estar aí facilitando, abrir espaço para uma série de questões, inclusive prá ampliar o significado que ele tem das coisas... Ir ampliando gradativamente o significado. Por

essa questão do que significa isso é uma questão importante e é preciso pensar um pouco... Quer dizer, quando a gente fala transformação química e quando a gente fala transformação, quê significado tem isso para ele, a própria transformação e transformação química...

Roseli: Lembra daquela transparência de 15 dias atrás... Falava de concentração e os alunos expressaram 14 significados diferentes. Quer dizer, a nossa linguagem que é o veículo que a gente tem para expressar as nossas idéias, e aprender novas idéias, trocar conhecimentos, não é uma linguagem rígida, congelada... Eu falo transformação e com isso eu estou garantindo que aquilo que você entende é exatamente o que eu quis dizer. Isso tem muito a ver com o que vimos há 15 dias... A gente vê um quadro com a mesma coisa de maneiras distintas porque nós temos histórias de vidas diferentes, temos percepções diferentes, nós temos uma estrutura de idéias diferentes. Cada ser humano tem a sua...

Otavio: Só um comentariozinho, só para não deixar passar... Você não enfocou uma coisinha... Falou que essa idéia pode entrar em conflito com a idéia dos alunos... Só para dizer que isto não é um problema, precisa apenas ser trabalhado... Se o conflito não for trabalhado, não for resolvido, o aluno tenderá a eliminar o conflito e ficar com a idéia dele. Esses conflitos podem ser criados e é interessante que seja assim, desde que isto seja trabalhado... É uma das formas de fazer com que o aluno abra mão de suas idéias desde que seja resolvido [o conflito instalado].

Roseli: Vamos jogar bem no concreto, na nossa situação... Por todo o processo de formação que a gente teve, como nos ensinaram, nós fomos ensinados dentro daquele modelão em que a nossa cabeça era assumida pelo professor como vazia e que a gente ia para escola e [os professores] tocavam conteúdo em cima... Ou seja, nós fomos educados como professores no modelo transmissão/recepção... Poucas vezes perguntavam prá gente o que a gente pensava sobre certas coisas... Só perguntavam na prova... Nós aprendemos assim! Conseqüentemente, pelo tipo de formação que nós tivemos, ensinar é assim...(...) é o modelo de ensino/aprendizagem [que] enfatiza muito aprenizagem mecânica, decoreba... Tem que mudar, tem que mudar... Tem que levar em conta as idéias dos alunos e tem que ensinar a partir dessas idéias... Aí vocês olham para mim e pensam: ah, é? que legal, não... Gente, a gente não muda porque os outros dizem... A gente precisa se convencer da necessidade da mudança... A mesma coisa o aluno. Ele pensa X e você quer que ele pense Y! Não adianta você falar: pense Y! Porque o X para ele é forte, tem sentido, ele construiu, ele está resolvendo a vida dele com o X. Por que ele vai largar isso e adotar Y? Só porque você está falando que Y é melhor? O que vocês acham que precisa acontecer com esse menino?

Sara: Precisa provar para ele...

Roseli: Provar? Provar que Y é importante?

Sara: Mostrar para ele de alguma forma...

Ângela: Que ele pode se deparar com uma situação que X não explique mais o que ele precisa, para justificar [tem que saber Y]...

Roseli: E o que você acha que vai acontecer com ele, na hora em que você o colocar em uma situação que o X não resolva?
Ângela: Não [entra] aí o conflito de conceitos? .. e aí, como é que se faz?
Roseli: A gente só abandona uma idéia da gente quando a gente é jogada em uma situação que abale a crença que se tem nessa idéia... Então, ninguém muda de idéia se não se sentir insatisfeito com a sua idéia. Por isso tem algumas condições que a gente tem que levar em conta prá promover essa mudança no aluno... É como se a gente estivesse [diante de] um desafio. Se ele não se sentir insatisfeito com a idéia dele, ele não vai ter nenhuma razão de estar aceitando a outra idéia que eu quero que ele aprenda... Você já deu a resposta, Ângela. Eu preciso colocar esse menino na frente de situações [tais] que o aluno tem uma idéia C' e com essa idéia C' ele explica várias situações da vida... Acontece que daí eu coloco uma situação R", para a qual a idéia dele não dê explicação... Pode ser que aconteça que ele entre em conflito, ele perceba que a idéia dele não consegue resolver a situação que coloquei, o fenômeno que eu coloquei... E aí, eu como professor, começo a transmitir, o ensino é transmissão [também], mas não é [só transmissão]; entendam o que eu quero dizer; não é aquela transmissão que ignora o que o aluno tem, eu vou introduzir uma nova concepção C" que também..., a cabeça do aluno está de frente a quase dois conflitos... Um em que a idéia prévia dele não consegue explicar e outro que a idéia dele conflita com a minha... Pode ser que leve um dia, uma semana, pode ser que leve um ano..., pode ser que não ocorra esse conflito na cabeça do aluno. O conflito não é do professor, o conflito tem que se instaurar na cabeça do aluno. E é lógico, assim como todos nós costumamos a nos ajeitar para não mudar, o aluno vai ter estratégias de acomodação, ele vai achar que isso aqui é nada ..., ou, simplesmente, ignora... Na medida em que eu, como professor for introduzindo essa nova concepção, e ele tem que entender essa nova concepção, se ele não entender o que eu estou falando.... se ele não entender o que eu estou explicando, ele não tem como tentar propiciar uma mudança... Ele vai ter que perceber que se usar C" ele vai poder resolver R'. R",... Eu vou ter que mostrar a ele a importância de ele aprender essa nova idéia e com isso ele resolve uma pancada de outras situações... A questão de ser plausível mexe com a questão de crença. Não basta um aluno simplesmente entender uma nova idéia, é preciso ele acreditar que aquilo lá tem sentido, que aquilo lá lhe permite explicar uma série de outras coisas...

Há aqui naturezas de crenças diferentes. O grupo da universidade, então envolvido com o modelo de aprendizagem por **mudança conceitual,** que procurava desenvolver um modelo de ensino capaz de provocá-la; e o grupo de professoras, com sua prática formada na vivência anterior, que via o ensino como transmissão de conceitos de química, numa certa seqüência, cabendo ao aluno prestar atenção nas falas do professor e fazer os exercícios propostos. Se repetisse os exercícios nas provas a aprendizagem estava garantida.

No decorrer do estudo e da pesquisa todos os membros do grupo foram modificando as suas concepções. A interação prolongada no grupo permitiu que fossem questionadas essas crenças e novas construções foram possíveis, tanto por parte das professoras da escola quanto por parte dos professores universitários. O modelo construtivista de ensino e aprendizagem, com base na mudança conceitual foi sendo substituído por um modelo de tendência sociocultural ou histórico-cultural, sem negar a importância do contato que as professoras tiveram com o modelo construtivista da mudança conceitual. Com base nele foram realizados os primeiros ensaios conjuntos de pesquisa sobre concepcões de alunos relativos a alguns conceitos químicos que as professoras já supunham aprendidos. Causou especial impacto o resultado de uma pesquisa conduzida por duas alunas da licenciatura de química relativas a reações químicas e noções básicas de termoquímica. Nessa pesquisa as professoras puderam analisar a precária aprendizagem de seus alunos. Ao verem os resultados da pesquisa realizada junto a seus alunos[12], com base no modelo da mudança conceitual e ao realizarem, eles mesmos, levantamento das idéias de seus alunos, sobre certos conceitos químicos que já haviam ensinado, as professoras se mostraram mais compromissados com as mudanças que teriam de realizar em suas propostas de ensino. Perceberam, principalmente, que a falta de aprendizagem não podia ser atribuída só à falta de interesse ou à falta de estudo dos alunos. O ensino também teria de mudar e, para isso teriam que produzir e testar novas alternativas.

III.2 - *A ruptura necessária: os programas tradicionais de ensino de Química tolhem a potencialidade criativa nas salas de aula*

Durante vários anos, como professor na disciplina "Instrumentação para o Ensino de Química", na UNIJUÍ, tive oportunidade de tomar conhecimento de programas de química propostos para o ensino médio, englobando escolas dos três Estados do Sul. A seqüência de conteúdos e os itens abordados nessas programas tinham, entre si, uma semelhança muito grande, de tal forma, que um parecia cópia do outro. Não importava que a grade curricular previsse duas horas semanais para a matéria de química, três, ou quatro, ou que fosse oferecida durante um, dois ou três nos, os conteúdos desenvolvidos, de acordo com as propostas dos programas, eram os mesmos. Algo muito semelhante com o que acontece com os livros didáticos de

[12] Pesquisa realizada pelas duas alunas da graduação de Química, em Iniciação Científica, e que também participavam, em algumas ocasiões, das reuniões com os professores na escola.

química mais utilizados no Brasil em que os índices de todos eles parecem ser cópias uns dos outros. Há casos de livro didático para o ensino médio de volume único e em que o autor se propõe a desenvolver os mesmos conteúdos previstos para as três séries e que, muitas vezes, é utilizado para ser desenvolvido em uma série apenas. Isto acontece em escolas em que a química é ensinada em apenas um ano, como escolas técnicas de contabilidade, de secretariado, etc. O número de aulas dificilmente passa de duas horas-aula semanais, e mesmo assim há a preocupação de "dar" todo o programa.

É difícil saber como se chegou a tal "consenso" sobre o que é um programa de química. O certo é que os professores dificilmente querem abrir mão de qualquer item de conteúdo, sob a alegação de que os alunos vão prestar exames vestibulares onde isto lhes é cobrado. De fato, os programas dos mais diversos vestibulares pelo País cobram todos os mesmos itens dos programas e dos livros didáticos, embora com níveis de exigências diferentes. Por esses programas pode-se fazer, praticamente, qualquer pergunta de química sem, jamais, alguém poder alegar que não estava previsto no programa exigido. Assim, os autores se propõem a cobrir sempre todos os conteúdos em seus livros, os professores a desenvolver todo o programa, e os elaboradores de exames vestibulares podem perguntar o que bem quiserem que estarão sempre dentro do programa.

Eu penso que tal "consenso", sobre o que é um bom programa de ensino de química, só pode ter sido obra do "senso comum", produzido e reproduzido sem base científica e descolada das teorias educacionais mais consistentes. Questões-chave como: o que é o conhecimento científico? como ele é produzido? o que é o conhecimento químico na sociedade atual? como se aprende? qual a relação entre conhecimento e desenvolvimento do pensamento dos adolescentes? como o conhecimento químico ajuda às pessoas a se integrarem melhor num meio profundamente modificado pela produção química? a química para o cidadão em geral é a mesma que a química dos químicos? qual o material mais adequado para se formar alguma noção sólida na área da química? como se constitui o pensamento químico? Estas e outras questões são, constantemente, formuladas nos encontros da comunidade de educadores químicos mas, dificilmente, são aprofundadas pelos autores de livros didáticos, pelos professores universitários responsáveis pela elaboração dos programas de química para os vestibulares, pelo corpo docente dos cursos de licenciatura em química ou pelos professores de química como coletivos

organizados. Desta forma não se cria a base científica para a discussão e não há evolução do ensino lá onde ela deveria acontecer: a sala de aula.

Quando se discute sobre o programa de química com os professores do nível secundário e fundamental, eles têm muitas razões para não romperem com os programas tradicionais: desconhecimento de programas alternativos; falta de autonomia; convicções e crenças pessoais não refletidas sobre o que seja a química; insegurança e etc. Destas razões apontadas, a autonomia é, sem dúvida, a mais difícil de ser abordada. Diferentemente de outras profissões, e diferente dos professores universitários, os professores do ensino médio e fundamental têm pouca autonomia já pela gênese e desenvolvimento sócio-histórico da profissão docente (Nóvoa, 1991). As instituições escolares estão sujeitas a toda ordem de pressões políticas, de interesse de grupos mantenedores das escolas, de ordens religiosas, da comunidade próxima representada pelos pais e alunos, administradores escolares, etc. É no meio dessas pressões todas que o professor deve achar seus espaços de ação autônoma e ele a produz na forma coletiva, sem poder romper, no entanto, com o fato de atuar em espaço criado e mantido pelo Estado, ou outros grupos, no caso das escolas particulares, e contra o qual não pode se insurgir.

> **"Dizer que os docentes são funcionários é uma afirmação que não é contestada por ninguém. Entretanto, ela é insuficiente se não se acrescenta que eles são funcionários de um tipo particular. Com efeito, a profissão docente é muito ligada às *finalidades* e aos *objetivos*; ela é fortemente carregada de uma *intencionalidade política*. Os docentes são portadores de *mensagens* e se alinham em torno de *ideais nacionais*"** (Nóvoa, 1991 :122).

Coletivamente, através das associações de professores e sindicatos, nos diz Nóvoa, os docentes souberam criar seu *status* profissional, portanto, de autonomia no exercício do magistério. Mais difícil é os indivíduos assumirem essas conquistas e ampliá-las para o exercício mais coerente de sua ação pedagógica em suas aulas. Este exercício lhes daria o direito e a responsabilidade de tomar decisões profissionais para as quais se sentem pouco preparados. Então abrem mão da autonomia, aceitam os programas propostos por outros que, por sua vez, também os adotaram, sem a reflexão epistemológica necessária na proposição de programas de ensino.

> *Otavio: A gente sempre deve se perguntar por que determinada coisa aparece no programa. O que é um programa? Uma organização de conceitos-chave pelos quais*

acreditamos que se constrói conhecimento químico. Conhecimento químico só tem sentido quando está relacionado com ***transformação****... Agora, ao perguntarmos: por que a transformação acontece?... Aí entramos nas estruturas microscópicas que compõem a matéria. Se quero falar em controlar a transformação química, controlar as quantidades, vou falar em estequiometria. Se estou falando nas condições para se processar a reação, devo tratar de termoquímica, cinética química, equilíbrio químico. Lembrar sempre que a chave é a* ***transformação química****, a mudança química na matéria. Se quero entender apenas por que a massa é conservada, basta falar em átomos como as partículas que se conservam na transformação química...*

Sara: Sabe qual é o problema que eu acho? Nós aprendemos a ensinar química sem ter explicações por que tinha que ensinar assim. Então, para mim, quando você fala dessas coisas, eu pareço que sou aluna e estou aprendendo agora... Sabe, dá até medo de, na hora de explicar, ... não ter a segurança, porque aprendi ensinar a química de um jeito: é isso, isso!... Sem o raciocínio, sem [saber por quê].

Interrogar-se sobre um programa de química, refletir sobre a construção ou a reconstrução do conhecimento químico junto aos adolescentes e aos jovens, discutir a natureza do conhecimento científico e seu significado na sociedade atual, são atribuições também dos professores de química que, ao não assumi-las, diminuem a sua autonomia e, conseqüentemente, a melhoria de seu estatuto social e profissional.

Já discutimos, anteriormente, que a visão epistemológica restrita e inadequada sobre conhecimento científico em geral, e conhecimento químico em especial, dificultam e impedem a ação eficaz dos professores no ensino de química. Se considerarmos, ainda, o fato de que os professores agem, pedagogicamente, mais de acordo o senso comum do que de acordo com as modernas teorias de ensino e aprendizagem, por desconhecê-las na prática, não se pode esperar resultados melhores do que os resultados medíocres que a escola, em geral, consegue alcançar em termos de conhecimento químico.

Como solução, em primeira aproximação, para essa situação problemática sentida e apontada, propomos uma ruptura com os atuais programas de ensino de química desenvolvidos em nossas escolas de ensino médio. Em outras disciplinas, principalmente, da área científica, isto também poderá ser proposto e poderá dar resultados consideráveis desde que os professores participem do processo. As condições para que, tanto a ruptura com os programas atualmente desenvolvidos, quanto a participação dos professores, tornem-se, progressivamente, possíveis, serão analisadas no próximo item. Antes farei alguns comentários sobre as tendências mais salientes dos programas de ensino de química com base em escrito de R.J. Gillespie

(1976)[13], da McMaster University, Canadá, e em minha própria experiência de professor no ensino médio por 25 anos.

Gillespie se refere, com mais ênfase, aos programas introdutórios de química do primeiro ano das faculdades, tanto americanas quanto canadenses. Não é preciso dizer aqui que eles também constituem os programas de química introdutória, geralmente denominada química geral, nas universidades brasileiras, e que correspondem aos itens e à seqüência dos conteúdos desenvolvidos em nossas escolas. O problema desses programas começa com a quantidade de informações que se propõem a "transmitir", segundo Gillespie. A evolução do conhecimento químico foi muito grande nos últimos 40 ou 50 anos e a quantidade de informações disponíveis tornou-se sempre maior. São informações importantes para os professores de química e estes têm a preocupação de repassá-las todas aos seus alunos. Acontece que isto é desnecessário e, mesmo, impossível de ser realizado em um programa introdutório de química ou em programas de iniciação à química, como é o caso no ensino médio. Entre as soluções que foram sendo propostas temos desde livros mais volumosos até novas formas de 'repassar' informações através de técnicas de instrução, pretensamente, mais eficientes, como o uso da informática, estudo programado, áudio-visuais, etc. Uma outra tentativa para solucionar o problema, e que envolveu considerável esforço e recursos, foi a de produzir programas onde a ênfase se desse sobre alguns princípios básicos da química em torno dos quais se organizasse o ensino de química. Desta tentativa surgiram as propostas novas na década de 60 e que se tornaram conhecidas entre nós como *o Chem'Study e o CBA*, ambas nos Estados Unidos. Gillespie analisa essas propostas como uma reação ao ensino tradicional de química, baseado na "transmissão" de fatos isolados de química, produzindo um "conhecimento" fragmentado desta matéria. Através de projetos como o *Chem'Study e o* CBA, buscava-se apresentar uma visão mais dinâmica e criativa da química e, desta forma, produzir uma nova comunidade de profissionais químicos no Ocidente e que pudessem fazer frente aos profissionais dos países comunistas, na corrida científica e tecnológica. Imaginava-se que os princípios básicos e organizadores de química permitiriam interpretar todos os fatos químicos de uma forma mais fácil e coerente tornando-a uma matéria mais interessante e capaz de atrair muitos jovens de grande talento. Em outras áreas científicas deu-se o mesmo fenômeno.

[13] Trata-se de versão em Português, com trechos do "CIC Chemical Education Award Lecture", selecionados do "Chemistry in Canada", dezembro de 1976.

Não se pode negar que houve considerável avanço nos programas de química a partir destes projetos, embora sejam muito discutíveis em termos epistemológicos, principalmente a concepção de ciência química e como ela se produz no meio social. Discutível é também a concepção pedagógica de produção dos conhecimentos químicos na escola, quando acontece o primeiro contato dos alunos com a ciência química. Parece que o grupo dos grandes cientistas químicos que produziu tais projetos não soube captar os ecos das teorias pedagógicas que já estavam em voga na mesma época e nem as críticas epistemológicas à concepção de ciência e a forma de sua produção na sociedade. O resultado foi uma estranha combinação entre as crenças de fazer ciência segundo os ideais empíricos de chegar às "verdades científicas" existentes na natureza, através de sucessivas aproximações por observações e medidas sempre mais cuidadosas, e a explicação dos fenômenos químicos pelos "modelos teóricos" criados pelos cientistas para lidar, quimicamente, com a natureza.

Gillespie reconhece avanços nos programas de ensino de química a partir dos projetos americanos, principalmente, por terem superado a fase do ensino tradicional que consistia na transmissão de fatos químicos isolados e sem nexo. No entanto, sempre segundo Gillespie, houve uma ênfase demasiada na discussão dos princípios e a química dos fatos, aquela que constitui a atividade dos químicos: *ciências das diversas formas da matéria e suas transformações,* ficou esquecida. Preparação de novas substâncias conforme propriedades requeridas, ou preparação de novas substâncias e o estudo de suas propriedades e as interações com outras substâncias, constituem as atividades básicas do químico. Ao permanecer, apenas, na discussão dos princípios da química, o estudante de nível médio e o estudante dos cursos introdutórios de química nas universidades, não terá *chances* de verificar como é que estes princípios permitem explicar a química concreta ou explicar os fatos químicos vivenciados no cotidiano ou em sala de aula. Os fatos estudados nesses cursos introdutórios dos princípios químicos, afirma Gillespie, só servem para ilustrar aqueles princípios enquanto os fatos da prática, portanto mais complexos, são convenientemente esquecidos. A ciência química tornou-se, para os alunos do secundário e dos cursos introdutórios à química nas universidades, um novo *cânon* de verdades estabelecidas às quais a realidade objetiva devia se adaptar.

Aqui no Brasil estes projetos também tiveram grande repercussão, embora tivessem tido aplicação restrita em suas versões originais. Os programas de ensino de química foram muito influenciados, principalmente no ensino da teoria atômica moderna, teorias de ligação química, teoria cinética dos gases, equilíbrios químicos e

outros. A química descritiva, praticamente, desapareceu dos programas de ensino nos cursos de segundo grau e nos cursos de química geral e outras disciplinas de química nas universidades. Estes assuntos são geralmente mal encaminhados, constituindo-se em capítulos estanques que pouco contribuem para discutir o fato químico no meio social.

A comunidade de educadores químicos, em seus encontros de estudos e debates, discute há anos a prática inadequada de ensinar conceitos químicos, já no ensino médio, que exigem grande capacidade de abstração e cuja significação mais estável só é possível com conhecimentos de matemática superior. Este é o caso, por exemplo, da teoria atômica com base na mecânica quântica. Esta teoria foi "traduzida", aqui no Brasil, para manuais didáticos, no final dos anos 60, com base nos grandes projetos americanos de ensino de química, já mencionados acima, e ela se perpetuou nas escolas até os dias de hoje. Na prática temos menos que uma caricatura do que deveria significar uma tal abordagem. Na maioria das vezes, principalmente, nesse interior do Brasil, os "professores" não compreendem o significado de "orbital", por exemplo, e, no entanto, "ensinam" todos os "estados quânticos" de todos os elétrons de qualquer átomo. Quem "ministra" aulas de química, na maioria das escolas brasileiras, não é alguém formado em química, e muito menos, alguém licenciado em química. São outros profissionais, cujo conhecimento químico se resume à matéria que tiveram no segundo grau quando alunos, ou são estudantes de universidades que fazem algum "bico", dando aulas, enquanto não terminam os seus cursos. Mas também são professores formados em química, licenciados, que também não conseguiram evoluir para programas mais adequados de fazer a educação química. Pior, são universidades que perpetuam esse mesmo ensino de química ao divulgarem os seus programas de vestibulares mantendo os mesmos itens de conteúdos e níveis de exigência já *condenada* há mais de 15 anos pelos educadores químicos[14] brasileiros.

A ausência dos docentes universitários de química, responsáveis pela "produção" e divulgação de muitos dos programas de vestibular nesses encontros e debates pode ser classificada como prática de desleixo e irresponsabilidade. Com certeza sabem que ao divulgar os seus programas estão induzindo um ensino de química, no grau médio, que não responde às necessidades de formação intelectual dos jovens para melhor exercício de sua cidadania e, na maioria das vezes, não serve nem para os futuros universitários que vão seguir carreira profissional que exige a

[14] EDEQs no RS; ENEQs em nível nacional; Encontros Sudeste; Encontros Centro-Oeste.

química em seus currículos. Um caso que exemplifica isso é o programa de química divulgado através do PEIES[15], um programa experimental de ingresso de estudantes na universidade por outras vias que não seja o vestibular tradicional. Sem fazer juízo de valor sobre o PEIES, sou obrigado a fazer uma observação crítica sobre o programa de química divulgado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sobre o qual, alunos de segundo grau, de escolas participantes do programa, serão avaliados no final de cada ano. A partir dos resultados dessas avaliações poderá ter acesso, ou não, à Universidade sem prestar vestibular. Os alunos que entram no programa "exigem" que o programa de química a ser desenvolvido em sua escola seja aquele que lhe permite responder melhor às perguntas que lhe serão feitas no final de cada ano. Não importa mais que a escola tivesse um bom programa renovado de ensino de química, com preocupação por uma formação científica básica em química, discussão da química no cotidiano, produção histórica e social do conhecimento químico, formação para o bom exercício da cidadania, ou outras ênfases já muito debatidas na comunidade de educadores químicos. Não importa mais que grupos de professores tenham participado de muitos debates para a melhoria do ensino de química, tenham produzido, com responsabilidade e autonomia, o seu programa de ensino. Todos são obrigados, uma vez dentro do programa, a aceitar aquilo que foi imposto, irrefletidamente, por um grupo de professores de escolas e professores universitários que se propôs a inovar em termos de ingresso de alunos na universidade. Deveriam saber a força que teriam para direcionar o ensino de química nas escolas, muito mais que os 16 EDEQs no Rio Grande do Sul, por exemplo. Está certo o aluno que exige o direito de "ir bem na prova" mas é irresponsabilidade de quem propôs os conteúdos que ele precisa estudar para isso. Qual o aluno e qual a escola que não se sentiria seduzido pela idéia de entrar na universidade sem fazer vestibular? Esta é a base do 'sucesso' do programa experimental e não a inovação positiva do ensino, ao menos o de ensino de química. Na prática, nunca houve uma concorrência tão grande para os 20% de vagas oferecidas pelo programa.

Para justificar a minha desconformidade, apresento os ***Conteúdos Programáticos em Química*** do PEIES para a 1ª série do 2º grau. Isto é, para mim, uma comprovação de que são os índices de livros didáticos mais tradicionais que constituem a base dos programas de ensino de química e que os programas de vestibulares, da maioria de nossas universidades, são "cópias" desses índices. O ciclo vicioso não é rompido porque a comunidade de educadores de química está à margem

[15] Programa Experimental de Ingresso ao Ensino Superior da UFSM

do processo, não consegue ser ouvida nem pelos professores universitários de química, nem pelos editores de livros didáticos e, assim, nem pelos professores do ensino médio. Passo a transcrever os conteúdos exigidos para o exame de final do 1º ano dos alunos participantes do PEIES:

CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS (ingressos de 1995)[16]

1 COMPOSIÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DOS SISTEMAS MATERIAIS
1.1 Objetivo e divisão da Química
1.2 Matéria, massa, energia
1.3 Substâncias simples e compostas
1.4 Misturas homogêneas e heterogêneas
1.5 Principais processos de separação e fracionamento das misturas homogêneas e heterogêneas
1.6 Fenômeno físico e químico

2 NOTAÇÃO E NOMENCLATURA QUÍMICA
2.1 Notação e nomenclatura dos elementos e substâncias químicas
2.2 Símbolos
2.3 Átomo e íon
2.4 Número atômico
2.5 Número de massa
2.6 Isótopos, isóbaros e isótonos
2.7 Molécula
2.8 Fórmulas
2.9 Equações químicas

3 ESTRUTURA ATÔMICA
3.1 Teoria atômica de Dalton
3.2 Modelos atômicos de Thonson (*sic*) e Rutherford
3.3 Noções de teoria quântica
3.4 Postulados de Böhr (*sic*)
3.5 O átomo de Rutherford-Böhr (*sic*) e seu aperfeiçoamento por Sommerfield

[16] Curr. Bás. PEIES, Santa Maria, v.2, p 24-27.

3.6 Números quânticos
3.7 Conceito de elétron da Mecânica Ondulatória: dupla natureza

4 CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS ELEMENTOS
4.1 Tabela Periódica atualizada, forma longa
4.2 Grupos e períodos
4.3 Propriedades periódicas e aperiódicas
4.4 Propriedades periódicas dos elementos químicos: eletronegatividade, eletropositividade, potencial de ionização, raio atômico, raio iônico, volume atômico, eletroafinidade, densidade, reatividade química, pontos de fusão e de ebulição

5 LIGAÇÕES QUÍMICAS
5.1 Noções de valência
5.2 Ligação iônica
5.3 Ligação covalente, simples e coordenada
5.4 Ligação sigma e pi, polarizada e não-polarizada
5.5 Orbitais moleculares
5.6 Moléculas polares e apolares
5.7 Hibridização linear, trigonal plana e tetraédrica no átomo de carbono
5.8 Conceito de ligação metálica
5.9 Ligações intermoleculares: pontes de hidrogênio e Van Der Waals

6 FUNÇÕES DA QUÍMICA INORGÂNICA
6.1 Conceito de função química
6.2 Ácidos, bases e sais de Arrhenius
6.3 Ionização de ácidos, bases e sais: eletrólitos e não-eletrólitos
6.4 Conceito, classificação, nomenclatura e obtenção de ácidos, bases e sais
6.5 Ácidos e bases: conceitos de Brönsted-Lowry e Lewis
6.6 Conceito, classificação, nomenclatura e obtenção de óxidos
(Obs: Para óxidos, somente nomenclatura oficial; para os demais, nomenclatura usual)

NÍVEIS DE EXIGÊNCIA

ITENS DO CONTEÚDO

1.1 Explicitar o objetivo da Química; Dividir a Química em suas partes
1.2 Definir matéria, massa e energia
1.3 Descrever e classificar substâncias simples e compostas
1.4 Caracterizar misturas homogêneas e heterogêneas
1.5 Exemplificar os principais processos de separação de misturas
1.6 Descrever e comparar fenômeno físico e químico

2.1 Identificar os elementos e substâncias químicas por nomenclatura e notação
2.2 Denominar os elementos químicos por seus símbolos
2.3 Comparar átomo e íon
2.4 Caracterizar o átomo pelo seu número atômico
2.5 Descrever o número de massa dos elementos
2.6 Comparar as propriedades dos elementos
2.7 Definir molécula
2.8 Reconhecer fórmulas
2.9 Reconhecer equação química

3.1 a 3.5 Expressar as teorias atômicas de Dalton, Thonson (sic), Rutherford, Böhr (sic) e Sommerfield
3.6 Resolver problemas referentes a números quânticos
3.7 Comprovar a estabilidade dos elétrons

4.1 a 4.4 Aplicar a tabela periódica na solução de problemas

5.1 a 5.9 Determinar implicações das ligações químicas

6.1.Associar as funções químicas aos fatos do quotidiano
6.2 Comparar ácidos, bases e sais segundo teoria de Arrhenius
6.3 e 6.4 Associar as funções químicas aos fatos do quotidiano
6.5 Comparar as teorias de Ácidos-Bases
6.6 Associar óxidos aos fatos do quotidiano

O programa de química, transcrito acima, foi elaborado por membros da comissão permanente do vestibular da UFSM, professores indicados pelas Delegacias de Educação e professores da Licenciatura de Química da UFSM, conforme material de divulgação do PEIES. No ano de 1995 o programa experimental foi distribuído e divulgado para as escolas dos municípios tidos como de abrangência da UFSM e implementado em muitas delas. Durante o ano de 1995 foram feitos "aperfeiçoamentos", nos conteúdos programáticos e níveis de exigência, e a abrangência tornou-se estadual, com a participação da Secretaria de Educação do Estado, através das Delegacias de Educação. A discussão com professores de química, indicados pelas diversas Delegacias de Educação participantes do PEIES, permitiu algumas mudanças no conteúdo programático de química exigível para os alunos de 1ª série do ensino médio, ingressos no programa em 1996. As mudanças feitas foram as seguintes: o conteúdo de ESTRUTURA ATÔMICA passou a ter somente dois itens; foi acrescentado um novo conteúdo, o das REAÇÕES QUÍMICAS, e que passou a ser o item 6; foi, ainda, acrescentado um item no conteúdo das LIGAÇÕES QUÍMICAS; modificado um item em FUNÇÕES DE QUÍMICA INORGÂNICA e retirado outro.

Com as modificações, o Conteúdo Programático de 1ª série, para ingressos de 1996, permaneceu igual ao transcrito anteriormente, com as seguintes modificações:

3 ESTRUTURA ATÔMICA

3.1 Histórico do átomo

3.2 Configuração eletrônica nos níveis e subníveis do átomo

O nível de exigência passou a ser: item 3.1 Expressar as teorias de Dalton, Thonson (sic), Rutherford, Böhr (sic) e Sommerfield (sic); item 3.2 Comprovar a estabilidade dos elétrons.

6 REAÇÕES QUÍMICAS

6.1 Tipos de reações de combinação, decomposição, deslocamento e dupla-troca

6.2 Reações com e sem oxirredução

6.3 Reações reversíveis e irreversíveis

6.4 Reações endotérmicas e exotérmicas

6.5 Ajustamento de equações químicas: método redox e método por tentativas

O nível de exigência definido foi: para os itens 6.1 a 6.4 Identificar os tipos de reações; 6.5 Ajustar as equações químicas.

7 FUNÇÕES DE QUÍMICA INORGÂNICA

7.1 Conceito de função química

7.2 Ácidos, bases e sais de Arrhenius

7.3 Ionização de ácidos, bases e sais: eletrólitos e não-eletrólitos

7.4 Conceito, classificação, nomenclatura de ácidos, bases, sais e óxidos pelas regras estabelecidas pela IUPAC

7.5 Ácidos e bases: conceitos de Brönsted-Lowry e Lewis

Os níveis de exigências para os itens 7.1 a 7.2 correspondem aos definidos para os itens 6.1 a 6.5 do programa para os ingressos em 1995.

Não é preciso dizer aqui que o programa de ensino de química, proposto pelo PEIES, representa tudo o que a comunidade de educadores químicos, que se constitui, no Brasil, desde o início dos anos 80 , com o advento dos EDEQs no Rio Grande do Sul e os ENEQs em nível nacional, sempre procurou modificar. As maiores resistências à modificação dos programas de química no ensino médio sempre foram justificadas, por parte dos professores de química, sob o argumento de que os programas dos vestibulares exigiam aqueles conteúdos e naqueles níveis de exigência. Mesmo assim, havia um certo espaço para programas alternativos, principalmente na 1ª e 2ª séries do segundo grau, pois o vestibular ainda estava distante e o aluno não estava tão preocupado com o programa exigido. Neste espaço, cabiam tentativas em propor um ensino de química mais experimental, mais relacionado com o cotidiano dos alunos, e discussões do meio social através do fato químico, bem como, o exercício da cidadania responsável pelo conhecimento químico adquirido, etc. Estas preocupações permitiam uma formação mais consistente em química e, ainda, possibilitaria, aos alunos que desejassem, um bom desempenho nos vestibulares. Vários roteiros alternativos para o ensino de química no 2º grau, capazes de romper com os programas tradicionais, foram produzidos e divulgados no Brasil, a partir dos anos 80 e continuam disponíveis aos professores[17] . Estes programas alternativos, ou

[17] *Unidades Modulares de Química*, de Versolatto, Ambrogi e Lisboa. Cecisp, São Paulo, 1980. *PROQUIM*, Projeto de Ensino de Química de 2º Grau, Coord. Schnetzler, Campinas, SP, FE UNICAMP, 1985.

outros que venham a ser produzidos, podem proporcionar uma boa formação em química mas, com certeza, não vão preparar os alunos de uma 1ª série do ensino médio para responder às possíveis perguntas que serão feitas a partir do programa proposto pelo PEIES. Somente os livros didáticos tradicionais, aqueles que sempre condenamos porque não proporcionam, de forma geral, uma boa formação e uma aprendizagem significativa em química, foram indicados pelo programa. São livros que mantêm as características negativas do ensino de química, no Brasil, já apontadas no final da década de 1970 e início da década de 1980, por Augusto, 1976, Marcondes, 1978 e Schnetzler, 1981: *ausência da experimentação, a falta de aplicação da química à vida cotidiana, ênfase na memorização de conteúdos químicos e baixo domínio do conhecimento químico pelos alunos*[18]. Isto nos dá a sensação de nada termos feito nos últimos 20 anos no sentido de melhorar o ensino de química no Brasil, principalmente, no ensino médio que é onde se dá o primeiro e único contato com o conhecimento químico sistematizado de parcela maior da população brasileira. Mas, se não conseguirmos fazer a ruptura com os programas tradicionais de ensino de química, continuaremos a lamentar o fato de as pessoas, em geral, e os alunos, em particular, não saberem questões fundamentais de química para o exercício responsável da cidadania. Os próprios alunos universitários reconhecem, em mais de 60%, que a química "aprendida" no ensino médio e fundamental não serviu para nada e os outros viram nela apenas uma utilidade imediata como, por exemplo, passar nos exames vestibulares (Chassot, 1993). Isto é muito pouco para nós que vemos o conhecimento químico, e seu desdobramento tecnológico, responsável por profundas modificações na natureza e no meio social. O cidadão responsável precisa ter condições para participar, com responsabilidade e conhecimento, dessas modificações, ajudando a definir os rumos e os níveis aceitáveis, tendo em vista o bem estar social de todos.

A ruptura do círculo vicioso, em que se encontra o atual programa de ensino de química, não é uma tarefa tão simples. Não basta, por exemplo, fazer consultas aos

O Cotidiano e Educação em Química, Lutfi, Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1988.
Os Ferrados e os Cromados, Lutfi, Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1992.
Química I: construção de conceitos fundamentais. Maldaner, Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1992.
Química II: consolidação de conceitos fundamentais em Química. Maldaner & Zambiasi, Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1993.
Interações e Transformações. GEPEQ, São Paulo, EDUSP, 1993.
A Educação no Ensino de Química. Chassot, Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1990
Catalisando Transformações na Educação. Chassot, Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1993.

[18] A bibliografia sugerida pelo PEIES é: FELTRE, *Química*, São Paulo, Moderna, 1995, Vol 1, 2 e 3. FONSECA, *Química,* São Paulo, FTD, 1992, Vol. 1, 2 e 3 e volume integral. NOVAIS, *Química,* São Paulo, Atual, 1993, Vol. 1, 2 e 3. PERUZZO & CANTO, *Química na abordagem do cotidiano,* São Paulo, Moderna, 1993, Vol. 1, 2 e 3. POLITI, *Química, um curso completo,* São Paulo, Moderna, 1992.

professores de química do ensino médio, ou fazer levantamentos para descobrir os livros didáticos mais utilizados nas escolas, e com base nisso propor o programa a ser seguido no ensino médio. Isto é simplista e é fugir da responsabilidade de propor alternativas mais ousadas, potencialmente, capazes de inovar no ensino de química para atingir novos níveis necessários de conhecimento químico compartilhado no meio social. Esta é uma tarefa mediada, com base em estudos e teorias pedagógicas já em discussão no meio acadêmico e muito presentes no meio educacional. Quem se propõe a inovar no ensino e melhorar a educação no ensino médio e fundamental, como é o caso do PEIES, não pode estar alheio a isto, sob pena de retardar processos de inovação já em marcha em diversas regiões educacionais e em muitas escolas. A ruptura é possível, os professores estão disponíveis a fazê-la em ação conjunta com a universidade e com as administrações escolares. Mas isto não acontecerá espontaneamente e dentro do senso comum. É necessário mediar o processo e pensar o ensino e a educação em médio e longo prazos.

III.3 - *A produção conjunta dos professores de química: um novo programa é desenhado e testado continuamente*

As características relevantes, para desencadear o processo de produção coletiva dos professores, definidas no item I.3.1 do presente trabalho, estavam, satisfatoriamente, presentes em nosso grupo: havia professores, organizados na forma de coletivo, dispostos a produzirem um novo nível de ensino em sua ação pedagógica; os professores buscaram a interação com professores/pesquisadores da universidade para qualificar, ainda mais, o seu ensino. A interação prevista, inicialmente, para 12 horas se estendeu durante todo o ano de 1993, quando foram negociadas as bases da ação conjunta, e continuou, de forma mais intensa, no ano de 1994 e, menos intensa, durante o ano de 1995. Porém, ao mesmo tempo, apesar da luta constante dos professores pela melhoria nas condições de trabalho e de salário, estas foram se deteriorando, consideravelmente, durante os três anos de atuação conjunta: houve duas greves do magistério paulista, sendo que uma delas durou mais de três meses; foi modificada a grade curricular da escola, por imposição de novos critérios da Secretaria de Educação, diminuindo o número de horas de aula de química em cada série; aumentou a carga de horas em sala de aula por professor; e, finalmente, "caiu" o Projeto de Escola Padrão, tirando dos professores a possibilidade de dedicação exclusiva a uma escola e a utilização do tempo de estudo conjunto na escola, com

vistas à consolidação de um projeto pedagógico de escola e à melhoria de ação pedagógica de cada professor.

Dedicação exclusiva dos professores a uma única escola, horários planejados para estudos dos professores em ambientes com as condições para tal, acesso a livros e revistas atualizadas, acesso à moderna tecnologia educacional, salas-ambiente para o bom desenvolvimento das aulas em todas as matérias, bibliotecas compatíveis com as necessidades de professores e alunos para as atuais exigências educacionais, possibilidade concreta e permanente para a participação em eventos de formação continuada, salários compatíveis com a importância do educador para a recriação cultural junto às novas gerações, etc., são condições mínimas que os professores necessitam e buscam para melhorar o seu exercício profissional. Diante das muitas carências o "Projeto de Escola Padrão", em implementação no ano de 1993, foi uma pequena conquista, muito aquém das necessidades dos professores. Os pequenos avanços conseguidos com esse projeto e a disponibilidade de um grupo de professores para o estudo coletivo permitiram consideráveis avanços na proposta de ensino de química, principalmente, no decorrer do ano de 1994. É isto que pretendo analisar agora, não deixando de apontar, ainda, as muitas limitações internas e externas ao grupo.

Retomar um trabalho de formação continuada de professores, após uma greve desgastante de três meses, como foi a greve dos professores estaduais paulistas em 1993, é uma tarefa delicada, ainda mais, quando muitas das reivindicações não foram atendidas. No caso da greve de 1993, as recuperações salariais foram mínimas e a melhoria nas condições de trabalho não foram realizadas, e a repercussão na desorganização do calendário escolar ainda se fez sentir no ano de 1994. Além disso, começaram as primeiras notícias da suspensão do programa da Escola Padrão. Estas notícias, por vezes desencontradas, eram, na verdade, ameaças veladas de retirar conquistas do magistério e piorar, ainda mais, as precárias condições de trabalho dos professores.

> *Graça: A gente não sabe [como vai ficar o calendário para 1994]. Temos férias só em janeiro. Depois podemos ser convocados a qualquer hora. Eu acho que é na segunda quinzena de fevereiro....Está um "rebu". Não vai ter recesso em julho... Ainda há uma interrupção, em outubro, de duas semanas, devido aos jogos de primavera [sediados em Campinas no ano de 1994]. Isto vem da Secretaria de Educação, lá de cima! Duas semanas é o mínimo. Aí os alunos, por conta, tiram mais*

uma...Eu estou tão desanimada com a escola....desanimada mesmo! (...) O que fazer?... Mas tem que tocar o barco. Vamos fazer o que é possível...

Roseli: Vocês nem sabem, então, se os encontros do grupo serão nas segundas-feiras?

Graça: O dia não. Nada! A gente, inclusive, não sabe se vai ter encontros! Porque é assim: saiu uma notícia que era o fim da escola padrão. As que eram padrão iam continuar, e as que não eram não tinham mais chances, [sob alegação de que] não há verbas... O governador disse que não... Inverteu toda a fala do secretário da educação... Não ia implantar esse ano outras. Mas as que tinham iam continuar e ia implantar outras no ano de 94... Mas ninguém sabe nada direito, ninguém comenta mais nada... A gente só vai saber como é que vai ser, horas de aula do professor, como vai ser para as horas de reunião... só na atribuição de aulas, quando sair todo o regulamento. Isto só em fevereiro!... Mas, independente de tudo isso, a gente podia ver com vocês como é que vai ser, como é que vamos fazer... Acho que devemos continuar. Porque vale a pena! Para mim vale! Eu estou até com vontade de largar a coordenação e me dedicar só à sala de aula... Eu gosto da sala de aula! A gente não sabe o dia. Mas eu acho bastante válido, muita coisa deu para a gente entender, muita coisa deu para discutir... Coisa que a gente não tinha tempo de falar, de dizer... de ter a visão de vocês. Para mim foi bastante válido...Porque a gente, fica fora muito tempo... por mais que você tente fazer alguma coisa, sozinho... não tem com quem trocar idéias... Procuro não dar sempre a mesma coisa, todo o ano procuro mudar o que não foi bem! Mas acho importante acompanhar o trabalho junto com vocês. Agora, eu não sei para vocês, o que valeu...

É esta disponibilidade das professoras, apesar das limitações impostas pelo sistema, que permitiu inovar nas propostas de formação continuada de professores. A nossa idéia foi, desde o início, constituir um grupo de professores de uma mesma escola, que abrangesse todos os professores da disciplina de química, para juntos atuarmos sobre a produção de um programa de ensino renovado. Para isso partiríamos do programa já elaborado e em execução na escola. A negociação dar-se-ia nas crenças e nas práticas dos professores. Ou seja, a produção de novos significados, capazes de mudar a prática da sala de aula e o próprio ensino de química na escola, seriam mediados no grupo. A interação seria positiva se tivéssemos algo a dizer sobre o conhecimento químico e como torná-lo mais disponível pedagogicamente. A negociação envolvia, também, a própria forma de trabalho conjunto para os anos 94 e 95:

Otavio: Meu desejo sempre foi o de trabalhar com um grupo de professores, de preferência professores de uma escola só (...) Vocês estão proporcionando esta

oportunidade de inovar na formação continuada de professores e o que a gente gostaria de discutir na reunião de hoje é se a gente pode contar com vocês. Aí viria muito mais vezes, viria na reunião normal de vocês para observar e propor outras coisas, negociando sempre com vocês; poderíamos observar em sala de aula, trocar idéias após as aulas, sempre que vocês pudessem... Estaria mais sistematicamente com vocês.... Isto duraria um ano, mais ou menos. Sempre com aquela idéia de formação continuada. Vocês formam um grupo, começam a sentir necessidade de trocar idéias, e a gente estudaria algumas coisas e também trabalharíamos em cima de alguma reprogramação. Discutiríamos sempre sobre o que vocês estão fazendo, no que vocês acreditam e, trabalhando sobre isso, tentaríamos ver como vocês estão pensando coisas ligadas à química, coisas ligadas ao conhecimento, ao ensino, à aprendizagem,... e como isto se dá em sala de aula. Eventualmente, eu poderia dizer assim: eu gostaria de assistir uma aula sua... podia ser tal dia...série... Tudo seria sempre negociado. Assistiria à aula, faria minha observação, conversaria com o professor sobre as questões mais importantes que aparecessem, etc. Desta forma, haveria uma pesquisa realmente conjunta, em que vocês estariam participando de um trabalho, trabalho de formação continuada de professores. Vocês não seriam o objeto da pesquisa mas os próprios sujeitos da mudança, até onde conseguiríamos ir em um ano de atividade.

Graça, a coordenadora do grupo por parte da escola e coordenadora da área "científica", tinha muito claro essa forma de produção conjunta no grupo de química e de que a nossa ação, durante os anos 94 e 95, não se daria na forma tradicional de formação continuada segundo a qual alguém externo ao grupo costuma propor uma mudança de tudo o que se fazia antes e impor um novo ensino, qualquer que fosse a sua característica. Ela propõe que se discuta o programa que já estava em desenvolvimento há dois anos, concebido e assumido pelos professores de química da escola, e, ao mesmo tempo, aponta as limitações externas e internas para o desenvolvimento de um programa:

Graça: O que foi proposto no ano passado... não seria bem um novo planejamento. Trabalharíamos sobre o que já estamos fazendo há dois anos. Veríamos o que dá certo, o que não dá certo, o que precisa ser mudado... Em relação à greve do ano passado, o conteúdo foi comprometido, realmente, tanto para quem fez greve quanto para quem não fez greve, pois não vinham alunos à escola. Então a gente vai ter que fazer uma remodelada aqui. Incluir algumas coisas que não foram dadas no primeiro ano, no segundo, e dar, no terceiro ano, o que não foi dado no segundo... Não precisa dar tudo de novo. Então vamos ver:

Conteúdo 1, desenvolvido no ano passado, no primeiro ano, foi transformações físicas e químicas. Introduziu no 1º Ano a parte de laboratório... Observação e descrição científica, as normas de segurança, introdução de balanças e fatores que

evidenciam as transformações. Os três primeiros itens não foram feitos porque queríamos que isso fosse feito na 8ª Série... Mas a professora da oitava tirou licença o ano inteiro... estava grávida. Outra professora pegou, largou... trocou umas quatro vezes. Daí a professora, dona da cadeira, voltava ficava uns 15 dias, entrava de licença... Assim foi o ano inteiro. Comprometeu demais o conteúdo e, ainda, com um agravante: essa parte da observação e descrição científica, normas... a gente não daria no segundo grau, tinha suposto que tivesse saído com esses conceitos e tido o contato com laboratório. Mas o problema também é que temos aqui na escola duas oitavas séries e este ano, só de manhã, formamos 6 1os anos. Então a turma está muito heterogênea.... Tem gente que viu uma série de coisas, outros não... Há gente que não viu absolutamente nada do que previamos... Vamos ter que, basicamente, começar tudo conforme o nosso planejamento para o primeiro ano[19].

As iniciativas dos professores e da direção de uma escola, para melhorar o currículo e a distribuição da carga horária das disciplinas e outras atividades, são, muitas vezes, desconsideradas, e até impedidas, pela administração superior da Secretaria de Educação. Isto tira ainda mais a autonomia dos professores, e até das escolas, e mostra o quanto o mundo da escola, definido como mundo da vida, segundo Habermas, está "colonizado" pelo "mundo sistêmico" das normas e das regulações, interferindo até no processo de ensino e aprendizagem, algo que deveria ser preocupação da direção, dos professores, dos alunos e comunidade de pais.

> **" ... nestas esferas do mundo da vida [família, escola], nós encontramos, anterior a qualquer legalização, normas e contextos de ação que, por necessidade funcional, são baseadas no entendimento mútuo como um mecanismo de coordenação de ação. (...) A proteção dos direitos dos alunos e pais contra as medidas educacionais (como promoção ou não promoção, exames, testes, etc.) ou contra atos da escola e do departamento de educação que restringem direitos básicos (penalidades, disciplinas), é ganha ao custo de uma legalização e burocratização que penetram fundo no processo de ensino e aprendizagem"** (Habermas, 1987 :369 e 371, em Pinto, 1996 :89-90).

Os professores, bem como a direção, sentem-se tolhidos em suas iniciativas e expressam o seu descontentamento, mas não podem fazer nada porque este espaço não lhes pertence mais; o mundo sistêmico, representado pela Secretaria de Educação, pelas Delegacias de Educação, ou outras instâncias de controle, o assumiu e o colonizou e tenta mantê-lo pela regulação contínua e sempre renovada, segundo a

[19] Refere-se ao programa, cuja listagem de conteúdos, metodologia..., já foi transcrita no item I.3.1.

lógica da racionalidade técnica. Mas os problemas da escola ligados ao ensino e aprendizagem são problemas práticos e não se enquadram como problemas de solução técnica, devendo ser tratados como casos únicos, com incertezas e conflitos de valores, conforme Schön. Nesses casos valem as intuições, as negociações, o bom senso, a comunicação. Habermas aponta a descolonização do mundo da vida como saída e que, no caso da escola, deverá caminhar para a

> "**desburocratização e desregulamentação, substituídas por mecanismos de tomada de decisão que levem em conta todos os envolvidos com a vida escolar e que se norteiem por mecanismos discursivos que tenham por meta a busca do entendimento, ou seja, que se valham da ação comunicativa**" (Pinto, 1996 :100).

Nas falas das professoras fica clara essa preocupação com a intromissão excessiva do poder do Estado no espaço escolar. Se a comunidade escolar aceitar isso como sendo normal ela corre o risco de perder, mais e mais, as possibilidades que ainda lhe restam, como, por exemplo, o de um grupo de professores poder decidir sobre o programa de ensino mais conveniente para os alunos de uma determinada escola. A liberdade pedagógica, a autonomia ainda possível do professor, a definição do projeto pedagógico de escola, a organização dos tempos e espaços escolares, a definição dos programas de ensino, e a avaliação dos alunos são as possibilidades ainda mantidas abertas para o exercício da ação comunicativa e para a busca de soluções criativas. Em nome da melhoria da escola, o Estado já começa a cercá-las e a regulá-las (avaliação externa, parâmetros curriculares, treinamento de professores, sempre mais horas em sala de aula e menos horas para o estudo dos professores, etc.). Isto leva à maior desprofissionalização dos professores, à inibição de produção e testagem de propostas inovadoras de ensino, à perda de responsabilidade, ao imobilismo escolar e, posteriormente, ao imobilismo social. Esta lógica pode ser interrompida, acreditam os autores nos quais apoio o meu trabalho e pretendia fazer um pequeno exercício que, evidentemente, deve ser estendido a todos os espaços do mundo da vida, seja pela *ação comunicativa, pela nova epistemologia da prática, ou pela segunda ruptura epistemológica.*

> *Graça: Outra coisa que fica complicado a gente trabalhar, é em relação à carga horária. A educação física acontecia em período de aula. Então o aluno tinha 6 h diárias, 5 dias, sendo que destas 30 h, 3 h eram de educação física. As outras 27 h eram divididas [entre as disciplinas]. Neste ano, o diretor tirou a educação física do horário da manhã. Sobraram 3 h aulas. O conselho votou isto em novembro. Nós*

propomos mais uma aula de sociologia, história, geografia, no primeiro ano. No segundo ano e no terceiro aumentamos a carga horária em química, física e português....O que aconteceu? Há uma portaria que diz que nenhuma matéria pode ultrapassar o número de horas de português e de matemática, nem igualar! Se temos 4 aulas de matemática, não pode haver 4 aulas de química. Então, o que fizemos? Aumentamos as aulas de matemática. para 5 e química para 4. Ou seja, carregamos em exatas no segundo ano e no terceiro fizemos uma mescla entre exatas e comunicação e expressão. Apresentamos a proposta.... A ***delegacia*** *cortou tudo! E ela colocou aula de filosofia e sociologia nos 3 anos.*

Ângela: Que absurdo!

Graça: Eu não sei porque houve diminuição de aulas de química no turno noturno. A educação física já não estava no horário. Soube da diminuição nessa segunda-feira. Falei com o diretor e ele simplesmente me disse que a ***delegacia mandou fazer assim****. Não deu satisfação e diminuiu a aula de física e de química no 1º Colegial. Fui ver isso na hora de atribuição de aulas. Inclusive isto é incoerente, incompatível com o aluno que a gente tem. O nosso alunado, ano passado, a parte de sociologia fez uma pesquisa, para traçar o perfil da escola para a gente trabalhar em cima do que o aluno quer e não em cima daquilo que o Estado quer ou daquilo que a delegacia quer, mas daquilo que o aluno quer. No colegial da manhã 85% pede o colegial voltado para o vestibular. É uma incoerência vir essa grade curricular aí. Uma incoerência total. Então esse ano o programa vai ficar mais complicado ainda! (...) Fizeram tudo [como queriam]! A secretaria de educação, no recesso das férias, ficou maquinando...*

Responder à expectativa social dos alunos dentro de um certo espaço social, como é a escola concreta e datada, é, sem dúvida, um compromisso do corpo docente de uma escola e faz parte do exercício da descolonização necessária do mundo da vida. Entrar na universidade é uma destas expectativas, principalmente, dos alunos do diurno. Conseguir responder a essa expectativa dos alunos, proporcionando a eles o acesso a uma universidade pública, constitui-se em uma das poucas satisfações profissionais que os professores, ainda, manifestam:

Graça: ...e com todas as condições precárias, no final do ano tivemos resultados positivos. Colocamos alguns alunos da 8ª série no Cotuca, Etecap e alunos do colegial, pela busca de certificados/históricos para matrículas nas universidades, 40 deles nas faculdades, sem cursinho (pré-vestibular) porque o poder aquisitivo deles é muito baixo... Alguns (30%) do turno da manhã já trabalhavam e os que não trabalhavam não tinham condições de fazer algum cursinho. Conseguimos colocar 3 na FUVEST, 2 em Engenharia Elétrica em S. Carlos, 3 na UNICAMP (engenharia) e os outros entraram em outras faculdades. Muitos entraram na PUCC, em cursos

concorridos também: Direito, Fonoaudiologia, Nutrição... Então a gente se sente satisfeito.... O número de alunos colocado nas Universidades foi mais ou menos um terço do que formamos no diurno. Dos alunos do noturno, só uma entrou na UNICAMP e em Pedagogia, mas é o curso que ela fez convicta, era isso o que ela queria. Apesar do trabalho de orientação que fiz, nenhum aluno estava pensando em cursos para o magistério... Só um fez a opção em matemática, mas que não queria lecionar..... A parte de magistério a garotada não quer. Então, eu acho, a gente está obtendo resultados positivos...

O que pode e deve ser problematizado é essa expectativa de o ensino médio brasileiro apontar em uma única direção: preparatório para o vestibular! Não é nem preparatório para um curso superior, pois, como vimos, de quase nada servem os conteúdos e práticas desenvolvidas no ensino médio. Tendo como direção única o vestibular, ou outras formas de seleção para os cursos superiores, como as propostas pela UFSM através do PEIES, limitam, demasiadamente a potencialidade do desenvolvimento da concidadania da população brasileira que tem acesso ao ensino médio. Ao propormos a ruptura com os programas tradicionais de ensino de química estamos, na verdade, dando um primeiro passo na busca de outras direções e significados para esse ensino. Aliás, a própria expectativa social dos alunos do ensino médio noturno está apontando em outras direções como, por exemplo, a exigência, sempre mais flagrante, de terem cursado o ensino médio para se candidatarem a um posto de trabalho no meio social. Se não acharmos outros significados para o ensino médio - além daquele que prepara para o vestibular - para o que serve esse grau de ensino se os alunos não "passarem" pelo vestibular ou não continuarem seus estudos, e que constitui a maioria dos jovens brasileiros? Pessoalmente defendo a princípio de que uma boa formação em química, com compreensão do que seja o conhecimento químico, como ele é produzido no meio social, como se faz presente no cotidiano das pessoas, como é usado na produção de bens tecnológicos, etc., permite aos alunos um bom desempenho na maioria dos exames vestibulares e, ainda, permite-lhes o exercício mais responsável de cidadania, independente da atividade que vierem a exercer. Neste caso, a preocupação não seria preparar o aluno para o vestibular, nem a preparação do futuro químico, mas o desenvolvimento social e intelectual do aluno.

No entanto, não é muito simples romper com as crenças dos professores, sempre reforçadas no sistema escolar em todos os graus, do que seja um programa de ensino. Circula, entre os profissionais da química, um programa aceito, tacitamente, como o correto (ortodoxia educacional). É necessário que seja problematizado com o

fim específico de modificá-lo e, assim, possa atender a outras demandas dos alunos e, ao mesmo tempo, responder às expectativas sociais, de grande parte dos alunos, de entrar melhor preparado no grau superior de formação. A interação e a mediação no grupo de trabalho, conforme o constituímos, permitiu alguns avanços importantes nesse sentido, e que passarei a analisar com mais detalhes.

Graça: Então essa programação aqui, do primeiro bimestre, acho que é por aí... Vai até o item 1.4 natureza corpuscular da matéria, modelo de Dalton, elemento.... Maldaner, a gente gostaria da sua opinião...., se tem algum furo aí... se as coisas podem ser colocadas de uma maneira diferente, ou [se altera] a ordem, ou se a seqüência altera, o que pode ser incluído. Porque, sabe, a gente está pensando, não modificar muito, porque a gente tem aquelas séries seqüenciais 1ª, 2ª, 3ª... Também eu acho assim, se a gente faz um planejamento para esse ano, e cada ano muda, como você vai fechar isso daí...

Otavio: Eu acho que fica em pé isso que a gente falou no ano passado. (...) As idéias que vão prevalecer sempre são as idéias de vocês. (...) A decisão do programa é de vocês e será sempre acatado com o máximo de respeito. Vocês, como grupo, têm um conhecimento muito específico e único e que é o conhecimento de sala de aula. (...) No fundo, o que nós queremos é discutir a aprendizagem dos alunos em química. Em uma das fitas, uma das primeiras, vocês ressaltam bastante, por exemplo a combustão, como uma das reações que os alunos de vocês conhecem bem. Vamos analisar isto sob o aspecto da química. (...) No trabalho feito pelas alunas da Iniciação Científica (Aninha e Ana Paula), que os alunos, que trabalharam essa equação da combustão, alunos de 2º e de 3º ano, eles não sabem a equação de combustão. Isto é uma coisa importante, porque vocês fazem o começo do ensino em cima disso, o que é uma idéia feliz, e, ao mesmo tempo, percebe-se que os alunos poderiam aprender muitas coisas a partir disso [o que parece não ter acontecido, conforme revelaram dados da pesquisa. (...) Esta é uma questão importante para o grupo... Poderíamos começar a perguntar: por que os alunos, de fato, não compreenderam? Segundo a percepção do grupo, ela é uma reação química importante, bem ensinada, corretamente proposta... Temos de começar a entender o que está ocorrendo. Qual deve ser a nossa expectativa sobre a compreensão da transformação química, no primeiro bimestre, e como devemos avançar essa compreensão para que o conhecimento se torne possível junto aos alunos. (...) Temos de saber até onde ele pode ir. Isso tem que ser bem analisado. Eu sempre digo, transformação química o aluno sabe depois que ele já sabe química. Essa é uma idéia importante! A transformação química é uma transformação especial e como tal deve ser entendida. (...) Agora, por que ela é especial, isto já é o produto final de [elaboração teórica] que manifesta o entendimento do conhecimento químico. Isto não vai acontecer no primeiro bimestre, [como parece ser a expectativa pelo programa de vocês, onde a primeira unidade é

transformação química]. Aprender a representar essa transformação em uma equação, aprender a usar uma linguagem que é estritamente química, sem esperar que eles vão acertar essa linguagem de início, isto pode ser feito... Uma vez problematizado o fenômeno da transformação química aí podemos introduzir os modelos de explicação que a ciência química já construiu e, desta forma, constituir o conhecimento químico junto aos nossos alunos. É assim que vamos falar de partículas atômicas de Dalton, conservação de massa de Lavoisier, proporção em massa de Proust. Esses modelos vão referir-se sempre às transformações que vivenciamos. Neste sentido o programa proposto por vocês está correto.

Graça: Agora aqui, esta parte até a Lei de Lavoisier, Lei de Proust, a gente não vai falar em símbolo, equação...

Otavio: Um dos referenciais que vamos trabalhar é o seguinte: eu só consigo estruturar conhecimento em cima de uma linguagem; eu não consigo estruturar conhecimento se não usar uma linguagem. A linguagem química é uma coisa muito específica e eu só vou conseguir estruturar conhecimento químico se usá-la. Então, escrever: álcool + gás oxigênio e forma tais produtos.... Ou enxofre mais gás oxigênio... Essas questões eu acho aconselhável que sejam introduzidas desse o início porque é a única forma que tenho de formar realmente conhecimento químico... Só que essa linguagem pode ser com as palavras usuais: álcool comum, água, gás oxigênio, gás carbônico.... ou pode ser isso traduzido em símbolos químicos usuais...

Ângela: Não seria conveniente escrever água e dizer, isto representamos por H_2O...

Otavio: Pode! E acho extremamente conveniente... A estruturação do conhecimento químico é em cima disso. Nesse aspecto vocês podem, tranqüilamente, usar essa simbologia, sem se preocupar com o significado pleno dessa simbologia Se vocês têm: álcool está queimando. Sobre isso começam a negociar significados: o álcool comum, também chama etanol ou álcool etílico, quimicamente se representa por $C_2H_6O(l)$. O mesmo fazem para gás oxigênio: participa da combustão, é um componente do ar, quimicamente se representa por $O_2(g)$, etc. Na reação de combustão do álcool produz substâncias novas cujas características são... Talvez pudessem ser introduzidas algumas outras experiências, como, por exemplo, mostrar a produção de vapor de água, do gás carbônico. São experimentos fáceis de serem introduzidos e, com eles, podem negociar novos significados de transformação química, como a conservação de massa, a proporção em massa com a qual participam os reagentes, além de introduzir uma simbologia que permitirá mediar a construção do conhecimento químico. (...) Para isso não precisa levar os alunos ao laboratório. Você pode fazer isso na própria mesa da sala de aula, com os alunos ao redor, ou em pequenos grupos... No caso de ser em sala de aula é melhor sempre fazer uma atividade no centro da sala ou ao redor da mesa do professor... Nesse aspecto, acho, que pode ser incrementado um pouquinho a unidade preparada por vocês.

Graça: Eu vou falar da representação das substâncias sem falar de átomo, molécula...

Otavio: Isso! Sem falar... e é uma simbologia apenas. Funciona muito bem porque você está introduzindo uma linguagem. Este assunto já foi discutido no ano passado e seria interessante vocês começarem a introduzir isso no ensino. (...) Ela é essencial para que o conhecimento se constitua. Se eu não tenho a palavra, uma representação, a simbologia, eu não consigo estruturar conhecimento. Este é um referencial teórico que está sendo muito estudado atualmente...

Graça: Nomenclatura própria de cada coisa sobre o que se está falando.

Otavio: Isto. Você vai falando sobre aquela matéria com os termos que precisa. Por exemplo, vai falar de biologia, você vai usar termos sobre os quais o ouvinte ainda não percebe todo o significado. Se definir não vai adiantar nada. Mas vai usando e atribuindo significados, gradativamente.

Graça: Na aplicação das coisas...

Otavio: Você não vai ter um momento em que vai dar uma linguagem química específica. Vai trabalhando coisas de química e vai usando a linguagem até que em um momento a linguagem se incorpora, o pensamento se estrutura e o conhecimento se torna possível. Por exemplo álcoois: são substâncias que têm tais características , tal estrutura... Digamos que o aluno já esteja no 3º ano, Você retorna e recorda o que já foi visto nos diversos momentos das séries anteriores, discute o uso da terminação ol, do prefixo et, vai falar em função química, etc. Isto, eu acho, vai ajudar vocês a estruturarem conhecimentos. A equação química, por exemplo, vai ser usada sempre e não apenas na primeira unidade do ensino. Assim, tenho a impressão, que vocês poderiam incrementar um pouquinho mais o que estavam querendo inicialmente com o programa elaborado. Seria um primeiro avanço e nós analisaríamos para ver como é que funcionou. Porque, de fato, os alunos mostraram falta de compreensão, no segundo ano, do que seja realmente a combustão. Eles esqueciam o outro reagente na equação, não ligavam o fenômeno químico à equação química, não souberem escrever os produtos possíveis da reação, etc. São muito interessantes os resultados da pesquisa feita pelas alunas da iniciação científica e eles devem ser levados em conta nas nossas discussões.

No primeiro capítulo já apresentei a primeira unidade do programa preparado pelas professoras para o ano letivo de 1994, com todos os componentes que normalmente fazem parte dos programas de ensino: conteúdo, objetivos, metodologia, avaliação, atividades, etc. Agora apresento, apenas, a relação completa dos conteúdos previstos para a 1ª série do ensino médio e para o ano de 1994. Isto é suficiente para compreender e analisar as falas transcritas anteriormente e que virão depois. Possibilitará, ainda, verificar as mudanças realizadas a partir das interações e mediações no grupo.

CONTEÚDOS PREVISTOS PARA A 1ª SÉRIE DO SEGUNDO GRAU

1994

DIURNO E NOTURNO

UNIDADE 1 - TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

1.1 - Estudo de algumas transformações químicas

a) Apresentação de normas de segurança e reconhecimento de materiais de laboratório (experiência 01)

b) Observação e descrição científica (experiência 02)

c) Introdução ao uso das balanças (experiência 03)

d) Fatores que evidenciam as transformações: cor, formação de precipitados e evolução de gases (experiência 04)

1.2 - Combustão

a) Queima de magnésio, Enxofre, Ferro e Carvão

1.3 - Alguns aspectos quantitativos das transformações químicas

a) Lei de Lavoisier

b) Lei de Proust

1.4 - Natureza corpuscular da matéria

a)Modelo atômico de Dalton

b) Elemento, Massa atômica

1.5 - Gases

a) Estudo das relações entre variáveis de estado

b) Conceito de molécula, Dalton, Gay-Lussac, Avogadro

c) Massa molecular

d) Teoria cinética dos gases

1.6 - Natureza elétrica da matéria

a) Eletrização por atrito, condutibilidade elétrica dos metais, condutibilidade elétrica dos gases rarefeitos, Modelo atômico de Thomson

b) Descrição da experiência de Rutherford e Modelo Atômico de Rutherford

c) Espectro e Modelo at6omico de Rutherford-Bohr

1.7 - Tabela Periódica

a) Histórico

b) Elementos representativos

UNIDADE 2 - USO DOS MATERIAIS

2.1 - Metais

a) Uso: o estudo das propriedades e questões econômicas

b) Estudo do alumínio, cobre e ferro: ocorrência, obtenção, propriedades

c) Ligas: aço, níquel-cromo, bronze, latão

d) Ligação metálica

e) Poluição por metais

2.2 - Substâncias iônicas

a) Estudo do cloreto de sódio: ocorrência, obtenção e propriedades

b) Estudo de outras substâncias iônicas

c) Ligação iônica

2.3 - Substâncias moleculares

a) Estudo do hidrogênio e oxigênio: ocorrência, obtenção e propriedades

b) Estudo de outras substâncias moleculares

c) Ligação covalente

d) Polaridade das moléculas

Esse programa já é diferente dos programas tradicionais desenvolvidos na maioria das escolas. Sobre isto já falamos anteriormente! Isto torna-se ainda mais evidente quando analisamos as intenções metodológicas (Metodologia) descritas no programa, entre as quais merecem destaque:

Vídeos: elementos, compostos e misturas (Didak)
introdução a átomos e energia nuclear (Didak)
o átomo visto de perto (Didak)
ligação química e estrutura atômica (Didak)

Textos: "Como se faz Química" de Aécio Chagas
"Um pouco de História sobre ar e gases" de Hiroyuki Hino
"A estrutura atômica no ensino de Química de 2º grau" de R.P. Schnetzler

Visitas e excursões: excursão à Serra do Japi
visita a indústrias de galvanoplastia

Percebe-se a preocupação do grupo em incorporar características e princípios definidos na "Proposta Curricular" da CENP, 1988, à qual fiz referência no item I.2.2: *o ensino de química deve contemplar a experimentação como um dos momentos da reelaboração do conhecimento, a historicidade e a análise crítica da aplicação do*

conhecimento químico na sociedade. Mas a concepção do conhecimento permanece fragmentado e com justaposição linear. A transformação química, por exemplo, que numa concepção dinâmica de conhecimento químico deveria permear todo o desenvolvimento do programa, permanece como um item isolado do programa. Nem com boa vontade pode-se perceber qualquer preocupação em formar uma visão de conjunto do conhecimento químico em torno da **transformação química**, envolvendo quantidades em massa, conservação da massa e dos átomos, evolução dos gases. O objetivo, da Unidade 1, parece ser o de introduzir os diferentes *modelos atômicos,* segundo uma seqüência histórica de predomínio destes modelos sobre os anteriores, e a introdução de capítulos "tabus" no ensino de química, como: *gases, tabela periódica, leis químicas - Lavoisier, Proust, Dalton, cinética dos gases* - Algo semelhante pode ser dito da Unidade 2, na qual, sob o pretexto de uso dos materiais, se introduz, pura e simplesmente, *os modelos de ligação química*, sem relação com as novas interações que se estabelecem entre os elementos das substâncias em reação. Esta visão fragmentada de conhecimento químico escolar lhes permitia "navegar" pelos livros didáticos tradicionais, conforme as professoras já haviam manifestado nas reuniões de discussão, à procura dos itens propostos no programa. Quando iriam dar gases procuravam nos livros didáticos esse assunto, sem qualquer preocupação em tecer isso com a participação dos gases nas reações químicas como as combustões, as corroções de metais, a existência de substâncias elementares gasosas, ou as quantidades envolvidas nas transformações.

Um programa proposto assim, embora possa ser unificado em torno da preocupação da aplicação do conhecimento químico no meio social, pode estar impedindo um conhecimento que permita aos alunos participar desse entorno social com responsabilidade. Além de o aluno não conseguir, por exemplo, escrever uma equação química correta de combustão completa de um álcool ou hidrocarboneto[20], muito menos perceber a reação química como interação entre as estruturas moleculares e atômicas envolvidas, pode estar dando o visão equivocada da ciência química: uma listagem de fatos químicos presentes no meio social, por um lado, e uma seqüência de princípios, leis e teorias químicas que não têm a ver com os fatos apontados, por outro lado. Este é um defeito de execução do programa que poderíamos chamar *dicotomizada.* Temos, então, um programa fragmentado na

[20] Conforme pesquisa realizada junto aos alunos envolvidos no desenvolvimento desse programa e apresentado na 17ª Reunião Anual da SBQ, Caxambu, 1994, e VII Encontro Nacional e II Encontro Sudeste de Ensino de Química, Belo Horizonte, 1994.

concepção do conhecimento químico e dicotomizado na execução. Desta forma, os "objetos teóricos" da química, patrimônio sociocultural da humanidade para lidar com a matéria, transformá-la, reciclá-la, recriá-la em novas formas e com características escolhidas e pré-determinadas, não transitam na escola. O resultado disto é a pouca aprendizagem química na escola, revelada pelas pesquisas educacionais.

Nas duas pesquisas *puntuais* conduzidas na escola, onde se deu o presente trabalho, às quais me referi anteriormente, salientaram-se os seguintes problemas de aprendizagem sobre a reação química e a equação química, entre os alunos no final da 1ª série: *os alunos atribuíam o mesmo significado para os termos: átomo, molécula, componente, substância; no acerto de coeficientes de equações químicas usaram uma maneira mecânica de fazê-lo, sem compreender o que estavam fazendo e sem relacionar a conservação dos átomos em uma reação química com as Leis de Lavoisier e Proust; em torno de 50% dos alunos entenderam a reação química como mistura de substâncias e/ou justaposição de elementos, sem pensar nas interações que se dão em nível de partículas moleculares e atômicas envolvidas* (Testa et al., 1994). A outra pesquisa foi conduzida junto a alunos no final da 3ª série do ensino médio e envolvia conceitos básicos de termoquímica. Os resultados revelaram que os alunos respondiam, com bom acerto, às questões, geralmente, propostas nas avaliações escolares, e que exigiam apenas respostas mecânicas, do tipo: *calor liberado na reação = reação exotérmica.* Sobre as questões que exigiam que os alunos tivessem entendido a reação química como resultado das interações entre as partículas envolvidas e a energia desenvolvida como resultado das novas interações entre as partículas do sistema químico, apenas 3% dos alunos atingiram um acerto de 69% e nenhum aluno relacionou a energia desenvolvida como mudança nas interações nas moléculas das substâncias envolvidas. As explicações que os alunos tentavam dar para as situações apresentadas a eles eram semelhantes às explicações de outros alunos que não tinham tido o conteúdo de termoquímica. A diferença estava apenas em que os alunos do 3º ano, já tendo tido o conteúdo, usavam as palavras novas, como, *entalpia, reação exotérmica e endotérmica*, que os alunos do 2º ano, evidentemente, não usavam. As professoras se dão conta disso:

> *Ângela: É, eles não conseguem explicar... É mais ou menos a mesma coisa que as respostas do 2º ano. Parece que os alunos conseguem assimilar algumas palavras-chave mas não conseguem explicar e nem entender o que está acontecendo.*
> *Otavio: Ou seja, quando a resposta é: calor liberado = a reação exotérmica, 100% acerta. Houve, aqui, apenas a substituição de uma palavra por outra, sem que o*

conhecimento químico tenha acontecido. Praticamente ninguém sabe dar uma idéia de "onde vem e para onde vai" essa energia que acompanha as reações químicas. Eles sabem que a água líquida precisa de energia térmica para evaporar, mas não conseguem imaginar que essa energia possibilita a ruptura das ligações intermoleculares e que energia cinética está sendo convertida em energia potencial, etc.

Graça: Interessante porque, na aula, quando você pergunta: o que significa H e ΔH, eles sabem...

Ângela: Diferente do que a gente procura fazer esse ano, completamente diferente.

Otavio: Esperamos que no ano que vem já tenhamos resultados bem melhores.

Sara: Mesmo porque a gente também aprendeu de um jeito decorado... Mas aquele nosso "trabalhinho", aquele texto..., abriu meus olhos para a minha 'imbecilidade'...

A conclusão da pesquisa foi a de que *a instrução dada aos alunos, envolvendo conceitos básicos em Termoquímica, proporcionou, apenas, aprendizagem mecânica* (Fernandes et al., 1994). A pesquisa realizada junto aos alunos da escola, envolvendo questões básicas de conteúdos 'passados' e supostamente aprendidos, e a análise e discussão dos dados junto às professoras permitiram a elas um novo patamar de reflexão de sua prática: ***os problemas de aprendizagem podem ser, também, um problema de ensino.***

As professoras envolvidos no processo analisam diretamente seu trabalho em sala de aula e se vêem diferentes, como foi o caso da Ângela ou não compreendem como os seus alunos não tenham conseguido responder, com bom desempenho, às questões que lhes foram apresentadas na pesquisa. Isto cria demandas imediatas, o que é natural, mas era importante superar a visão fragmentada de conhecimento químico, muito presente na organização do programa, e a postura metodológica em sala de aula que coloca o professor como única fonte de informação no processo da produção do conhecimento químico escolar ou da produção dos saberes químicos possíveis na escola, Não nos interessava, também, um processo de ensino e aprendizagem centrado somente nos alunos, pois isto poderia deixá-los no nível do senso comum de compreensão das coisas da química como parece deixá-los o processo baseado no modelo pedagógico de transmissão/assimilação. Buscava-se um processo interativo capaz de superar a visão fragmentada do conhecimento químico escolar pois as participações dos alunos só seriam viáveis se as professoras proporcionassem condições concretas de participação ou situações sobre as quais os alunos pudessem falar. Isto não é nada difícil de implementar como veremos a seguir e, ainda, possibilitou ao grupo a criação e implantação de um novo modelo de ensino:

partir de situações de alta vivência dos alunos, falar sobre elas sob o ponto de vista da química em que o professor informa sobre a linguagem própria de fazê-lo. Os alunos são incentivados a utilizar essa linguagem – as palavras ou os signos – mesmo que ainda estejam distantes dos significados que têm para um químico ou o professor de química. Desta forma buscava-se uma forma interativa e duplamente mediada de ensino/aprendizagem.

Este modelo poderia reverter a prática corrente, conforme as próprias professoras reconheceram em nossas reuniões e indicam as pesquisas educacionais (Rodrigues & Bell, 1995), de os professores manterem o domínio absoluto das falas em sala de aula. O professor informa, pergunta ao aluno, marca o tempo e o espaço de perguntar e de responder para os alunos, etc., todos mecanismos de manter a passividade dos alunos e a figura do professor como transmissor de conhecimentos que devem ser repetidos nas provas.

Identificar os temas com as características descritas acima e, em torno deles, criar as condições de aulas de química que interessassem aos alunos e, potencialmente, pudessem produzir um corpo de conhecimento químico, e não fragmentos de conhecimentos de química, seria o principal desafio de produção do grupo de estudos e pesquisas durante o ano de 1994.

III.3.1 - A busca de novas ênfases no processo ensino/aprendizagem de química: potencialidades desenvolvidas coletivamente

Em reuniões com professores do ensino médio são constantes as queixas sobre os alunos, no que diz respeito à participação deles nas aulas. Os professores vêem desinteresse pela matéria dada e apatia na execução de atividades propostas. Essas queixas são mais incisivas quando se deseja implementar novas metodologias, novos programas e novas abordagens junto a esses professores. Logo eles vêem que a forma tradicional de ensino praticada nas escolas esquece os sujeitos da aprendizagem, os alunos, e que a nova forma proposta exige a participação ativa e constante deles. A tendência inicial é a de atribuir a responsabilidade, pela manutenção das formas tradicionais de ensino, à indiferença dos alunos por tudo o que se propõe de novo.

Algumas falas das professoras, com as quais pesquisamos, revelam bem essa situação problemática quando se insiste na necessária participação dos alunos na construção e reconstrução de seus conhecimentos. As professoras foram motivadas a negociar essa participação dos alunos como condição necessária para que a aprendizagem em química pudesse ocorrer. Este foi, por exemplo, o motivo do texto 01, produzido a partir da análise das fitas em áudio, gravadas durante a primeira fase dos encontros (ano de 1993).

> *Otavio:Isto é para vocês lerem depois.... Antes de vocês começarem a fala, posso dizer alguma coisa sobre a expectativa em relação a esses textos? (...) Lembram que combinamos que faríamos leituras bastante amenas, em que vocês tivessem segurança e condições de ler [durante a semana, entre uma reunião e outra]? São pequenos textos, e este é o 01, que vou escrever a partir de alguns temas [tocados nas reuniões]. Hoje [escrevi] sobre ensino/aprendizagem. Vocês vão entrar em contato com os alunos, já amanhã, [para o início do ano letivo de 1994], seria importante vocês discutirem alguma coisa, [com os alunos], que nós já firmamos aqui no grupo. Aqui consta, entre outras coisas, que a aprendizagem é uma coisa que diz respeito a eles, alunos. Ou seja o professor não vai ensinar e ele aprende automaticamente. Ele vai ter que tentar buscar sua aprendizagem. Usei as gravações em que vocês falam sobre essa questão... Transcrevi alguma falas de vocês e que estão impressas em itálico, sem identificar as pessoas... Ressalto essa questão da responsabilidade dele, ao mesmo tempo em que olho na literatura, o que ela diz sobre isso... E aí fica claro que não posso jogar tudo nas costas do aluno, como se aprender fosse só problema dele, seria um desvio... Como é da responsabilidade do aluno, uma das coisas que vamos fazer durante as nossas discussões, é cada um observar a sua aula, observar a aula do outro, para ver se a gente dá, realmente, oportunidades de o aluno aprender. Se a gente não dá a chance, ele não aprende! Não é, portanto, questão de a gente se eximir dessa preocupação, pelo contrário, temos de ter sempre presente que o que interessa é a aprendizagem do aluno em nossa atividade. É essa a idéia geral do [presente] texto. Os textos produzidoss ficarão sempre assentados em cima do que vocês já pensam. Serão produzidos sobre assuntos que, de alguma forma, foram abordados nas reuniões, que já circularam no grupo... Eu pediria, pelo fato de estarem engajados em grupo de trabalho sério, com expectativas [otimistas] de cada membro do grupo, que lessem, durante a semana, essas 3-4 páginas [produzidas], deixar essa leitura em dia... Na reunião subseqüente a gente comentaria esses textos, ampliaria a discussão, aprofundaria o assunto, etc. Tentaríamos ver como, durante a semana, vocês tentaram ver esses aspectos específicos no trabalho com os alunos. Como ele reagiu quanto a isso. Vocês sabem, e isso é mais característico de escolas particulares, o aluno diz que paga para você ensiná-lo... Aqui eles não vão poder dizer isso, já é uma vantagem...*

Graça: Mas eles dizem também: meu pai pagou imposto...
Otavio: Por isso tem que ser conversado com os alunos a questão de aprender como uma questão deles. Você vai, e aqui tem uma frase em que vocês dizem isso, facilitar [esse aprender]. A função do professor é facilitar! Só que nós vamos ver como é que se faz para facilitar a aprendizagem, e como é que [vocês] estão facilitando... Quer dizer, nós não vamos ficar só no papo. Vai ser feita, realmente, a observação [de sua prática]. Se você só fala, fala, fala [na sala de aula], não está facilitando, por exemplo.

As professoras ficaram de ler o texto 01 produzido e falar com os alunos sobre a responsabilidade deles na própria aprendizagem. Isto deveria acontecer na primeira semana de aulas do ano de 1994, justamente o ano do início da pesquisa conjunta com vistas às mudanças de práticas tradicionais no ensino de química.

Apresento o texto 01, na íntegra, por demarcar, claramente, uma posição em que se concebia o conhecimento como uma construção individual, centrada no aluno. A ênfase, no trabalho realizado durante 1993, havia sido dada na concepção construtivista de ensino/aprendizagem que compreendia o conhecimento como uma construção individual. Isto viria a se modificar no decorrer de 1994 e 1995, quando a ênfase passou a ser nas relações intersubjetivas ou na construção social do conhecimento. No momento em que o texto foi escrito já havia essa preocupação, enquanto as falas transcritas e que aparecem no texto 01 se referem ao período inicial da organização do grupo. Essa transição de uma concepção para outra, tanto por minha parte, representando a equipe de pesquisadores mais ligada à universidade, quanto por parte dos professores/pesquisadores locados na escola (professoras), também será objeto de atenção no decorrer da análise da produção do programa e das novas práticas pedagógicas realizada pelo grupo. Pensamos, desta forma, poder mostrar como as pessoas modificam o seu pensamento ao se apossarem de novas teorias e de novos conceitos e como essa transição se deu no grupo.

TEXTOS PARA REFLEXÃO
01
ENSINO/APRENDIZAGEM

Entre os conhecimentos profissionais mais importantes de um professor está, sem dúvida, o conceito ou a idéia que ele tem sobre Ensino e Aprendizagem. De uma forma ou outra, todo o professor, ao propor o seu ensino, imagina o que possa ocorrer na cabeça do aluno com aquilo que está pretendendo ensinar. É necessário conhecer estas idéias dos professores quando se pretende buscar melhorias na aprendizagem dos alunos em qualquer matéria ensinada na escola. Em nosso caso buscamos a melhoria na aprendizagem em Química dos alunos do ensino médio de determinda escola estadual de Campinas. Precisamos conhecer o que pensam os professores de Química sobre o que seja aprendizagem e sobre o tipo de aprendizagem que procuram desenvolver em seus alunos.

Os professores da área de Ciências em geral e da área de Química em especial têm, muitas vezes, um discurso limitado quando se trata de falar sobre aprendizagem, ao menos um discurso muito aquém do conhecimento que a área pedagógica já desenvolveu e aceita como válido. Isto não significa que não tenham idéias avançadas ou, ao menos, defensáveis do que seja aprendizagem e qual seja a aprendizagem desejável na Química do 2º Grau. Gallagher, (Gallagher, 1989) pesquisador da área de ciências, ligado à Universidade Estadual de Michigan, constatou que os professores da área científica da escola secundária possuem uma estrutura conceitual limitada relativamente a ensino e aprendizagem, principalmente levando-se em conta os avanços nos conceitos básicos em educação ocorrida nos últimos 10 a 15 anos. Ele viu um esforço maior, embora ainda restrito, em os professores adquirirem conhecimentos científicos e conteúdos de sala de aula, deixando de lado a elaboração de conhecimentos formais sobre ensino e aprendizagem. Este conhecimento exige uma abordagem e um vocabulário muito específicos e que devem estar presentes na mente do professor quando vai discutir algo tão central na sua atividade profissional, qual seja, ensino e aprendizagem. Da mesma forma que não se concebe que um profissional químico tente falar de química com seus pares e não empregue um linguajar e uma abordagem próprios, assim é com o Professor, não importando a área em que atua. Falar de ensino e aprendizagem significa conhecer o seu conteúdo específico e ele se dá por uma linguagem e abordagem também específicos e que deve ser sistematicamente estudado e aprofundado.

Os professores em exercício, principalmente os mais experientes pelos anos de serviço, com certeza carregam um conhecimento prático de grande valor para os grupos engajados na melhoria do ensino e aprendizagem nas escolas. A falta de verbalização pode estar diminuindo este conhecimento real e em conseqüência disto deixar de enriquecer o grupo. A melhor verbalização é, igualmente, fator de enriquecimento deste próprio conhecimento prático e é um dos pressupostos de Tobin (Tobin, 1989) para implementar sua pesquisa colaborativa com professores através de sua idéia de formar equipes de professores-pesquisadores. Segundo Tobin, este conhecimento prático profissional possibilita uma contribuição importante para o avanço da moderna pesquisa educacional e é função do grupo de pesquisa ajudar os professores a verbalizá-lo.

Em um dos encontros de nosso grupo cada membro procurou explicitar a sua concepção sobre ensino/aprendizagem. A provocação ao grupo foi se ensino e aprendizagem são espelhares de tal forma que uma coisa reflita exatamente a outra. Algumas idéias que foram colocados no grupo e que, de certo modo, refletiam as concepções dos diferentes membros do grupo naquele momento (Março 1993) foram as seguintes:

"Eu vejo o professor responsável pelo ensino e o aluno pela aprendizagem. Só que o aluno nem sempre tem consciência disto e fica esperando que o professor ensine e o faça aprender. Então, eu acho, que ele (o aluno) também teria que ter uma responsabilidade para tentar aprender."

Aparece aí claramente a idéia do aluno ativo, contrário da idéia muito corrente, na prática, de o professor expor os conteúdos e esperar que o aluno os assimile. Uma atitude "professoral" de exposição de conteúdos, mesmo bem organizados, é incompatível com o papel atribuído ao aluno. A tomada de consciência do aluno de que aprendizagem é de responsabilidade dele, também é construída na prática, na medida em que o aluno é, de fato, responsabilizado pelo professor pelas oportunidades que oferece para buscar o conhecimento.

A mesma professora, reforçando a responsabilidade do aluno no processo de aprendizagem, acrescentou o seguinte:

"Teria que ter a responsabilidade dele e é lógico que o professor teria que dar diretrizes para ele."

Ao ser colocada a questão:

- Vocês acham que nós como professores podemos garantir a aprendizagem do aluno? - surgiram novas idéias que merecem reflexão

:

"O processo de aprendizagem é quase pessoal... Tem que estar querendo aprender."

"Eu posso estar aqui, falando de um jeito que o aluno nunca vai entender a minha linguagem. Então eu tenho que usar uma técnica para facilitar a aprendizagem. Mas é ele que vai ter que chegar à aprendizagem."

"Eu acho que nós podemos fazer com que o aluno queira aprender."

O consenso do grupo aconteceu em torno da observação de que a nossa função é facilitar para que a aprendizagem ocorra no aluno; mas garantir que ela ocorra não é possível. Este é um processo próprio do aluno e o que temos de fazer é criar as condições para que ocorra da melhor forma.

Outra questão colocada levou mais adiante a reflexão do grupo sobre a aprendizagem.

-Vocês têm dito aos alunos, tem explicado a eles que a aprendizagem é de responsabilidades deles e que vocês como professores têm a função de criar as melhores condições de sala de aula para que eles aprendam?

"Eu faço. Não sei se é bem isso. O que eu falo... é que eles tem de se esforçar, que aprendem assim, que vai depender deles...".

"Eu acho que não adianta falar palavras... Eu tenho que estimular no aluno a vontade de aprender de modo que queira aprender naturalmente, sem que alguém fique falando: olha você tem que aprender! Ele não vai fazer isto. Ninguém chegava para mim e ficava dizendo isto: você tem que querer aprender. A coisa foi despertando em mim."

A intervenção de um dos pesquisadores com a intenção de aprofundar o debate tentou fazer emergir um princípio importante da abordagem construtivista:

- Vocês assumem que os alunos já têm conhecimento quando vão iniciar um trabalho de aula com eles?

"Têm conhecimento de tudo, de alguma forma eles já conhecem matéria, substância... Se eu perguntar sobre substância, eles têm resposta, talvez não seja a resposta que eu queira, que acho que seja correta. Mas eles têm conhecimentos! Pelo menos eu faço, às vezes, algumas perguntas iniciais, eles respondem, alguns corretamente, mas eles conhecem."

À pergunta feita *-por que você faz essas perguntas aos alunos?-* A mesma professora respondeu:

" Para eu saber de onde eu tenho de partir."

A partir das transcricões desses trechos das fitas gravadas na reunião vemos que o grupo de professores de Química tem na mente idéias sobre o aluno, professor, aprendizagem, ensino. Cada qual tem um papel e tudo o que se faz tem uma função no processo. É importante neste processo que tudo seja explicitado e chamado à consciência, não tanto pelas palavras mas pelas ações, pela prática do dia a dia, pelo envolvimento nas atividades do processo.

A pesquisadora e educadora Mary B. Nakhleh em um artigo publicado recentemente (Nakhleh, 1992) se pergunta porque os alunos não aprendem química realmente. Coloca como uma das causas a existência de conceitos errôneos sobre coisas fundamentais em química na mente dos alunos e que não foram normalmente detectados pelos professores desta matéria. A partir da análise destas idéias chamou a atenção para algumas implicações para a educação em química. Sobre isto, apresentaremos, oportunamente, um outro texto. O que eu gostaria de destacar no texto de Nakhleh não é, necessariamente, central mas tem muito a ver com a discussão do nosso grupo sobre o processo de aprendizagem centrado no aluno. Ela chama a atenção para a dificuldade natural de o aluno de nível médio criar uma estrutura cognitiva adequada para o tipo de conhecimento como o conhecimento químico. O professor de química deve estar consciente disso. Mas independente disto, diz Nakhleh, nenhuma instrução, nenhuma "boa" aula, ajudará o aluno a aprender se ele não estiver determinado a trabalhar.

Quando o processo de aprendizagem é centrado no aluno, ou seja, o aprender diz respeito a ele, isto não exime o professor do processo. Ou seja, o professor não pode esperar que aprendizagem ocorra só porque ele e os alunos estão conscientes de que é uma elaboração pessoal de cada um.

Gallagher, citado anteriormente, observou que os professores secundaristas de ciências acreditam que a responsabilidade deles é apresentar informações aos alunos e que é trabalho dos alunos aprendê-las. Este pesquisador viu um grave desvio de aprendizagem com esta postura dos professores e que, eu creio, também aconteça em nosso meio. Para ver isto temos de analisar a nossa prática, olhar a nossa sala de aula para ver se não estamos verbalizando alguma coisa e fazendo outra. Isso ficará para a próxima reflexão.

Campinas, Fevereiro 1994.

Otavio: convido o grupo a falar sobre o Texto 01...

Sara: Eu li! Em algum momento e eu li... Gente eu estou ficando velha... Sabe aquelas que não lembram de nada...

Otavio: Você leu... Poderíamos, talvez, combinar e encarregar alguém para expor as idéias centrais ao grupo... fazer algum comentário... Ler seria importante que todos o fizessem.

Todos: eu li...

Sara: você quer que se comente se achou correto...

Otavio: Isso! Você podia comentar algumas coisas sobre o texto e quê posturas você imagina possa ter diante dos alunos motivado pelo texto... ou não...

Sara: Eu achei que esse texto foi motivado pelo início de nossas reuniões do ano passado em que a gente ainda tinha as idéias de como a gente está acostumada a dar aula: passar informação e acreditar que eles vão assimilar. Sem testar, ou mesmo, antes de passar a informação querer saber o que eles já sabem, para, a partir daí, passar o assunto. É muito mais fácil chegar e dizer é isso aquilo... o aluno copia e tal... Então, este texto, pelas declarações que as pessoas fazem, me deu essa idéia de que a gente quer saber se o aluno aprende ou não mas não sabia como medir isso. Foi essa a idéia que me passou esse texto. E... acho que isso daí é bom para a gente refletir e tentar mudar para esse ano. Na minha cabeça ainda... às vezes eu tento mudar a forma de dar aula tal e...

Ângela: mas tem algumas situações...

Sara: É! Você vê que o pessoal não corresponde ou fica impaciente e você pega e bum... [diz tudo para ele]...

Graça: Você faz alguma pergunta eles sabem responder mas eles não se sentem seguros...

Sara: Têm vergonha de falar...

Graça: E nem assim com uma espontaneidade... de responder. Eles acham que tudo é definição prontinha, feita... Eu digo não; a gente vai falando e nós vamos formando... o conceito e tal. Mas eles se sentem com muita dificuldade. Por que? Porque todas as outras disciplinas trabalham no tradicional. Por exemplo: geografia: a professora adota o livro, vai do começo ao fim, não sai daquilo ali... E os alunos estão nessa de facilidade. A maior parte não sabe nem porque está aqui, porque o pai quer que estude, quer que termine o colegial... e poucos têm objetivo, então vêm, sentam e querem tudo mastigado, tudo mastigado...

Ângela: Não querem que tu dê um trabalho...

Graça: Nada! Nada! Então a gente tem que lutar, além de lutar contra a didática da gente, da maneira de trabalhar da gente, da maneira de pensar... a gente tem que lutar contra as outras matérias.... Não lutar contra, mas contra o sistema tradicional que está aí.

Otavio: E a partir da leitura do texto você teve alguma motivação especial sobre essa coisa específica que se chama APRENDIZAGEM que diz respeito a eles...

Graça: Comentei com eles...

Otavio: que a aprendizagem é uma coisa deles, que depende deles...

Graça: Exato!(2x)

Otavio: a tua função seria...

Graça: Transmitir, orientá-los... Mas que eles tem que ter vontade própria de aprender, de assimilar e de ligar os fatos... que é a química que eles vêem: eu dou lá: ligação química. Eles estão cansados de ver essas moléculas... Coloquei isso daí para eles. .. Hoje eu estava colocando a proposta do segundo ano e coloquei: velocidade e transformação química (cinética), aí eles disseram: mas transformação química já vimos no ano passado... Aí eu disse: vocês acham que aquilo que viram em química no primeiro ano vocês vão esquecer, colocar uma tábua em cima e acabou... Vocês vão usar para o resto da vida, nem só no segundo e nem só no terceiro... vocês vão usar no dia-a-dia, para interpretar fatos, para poder ler um texto, ler uma notícia de jornal e saber interpretar... Não é aquele negócio: eu vi transformação química no primeiro ano, no primeiro bimestre... nunca mais eu vou ouvir falar ou aquilo que eu ouvi falar é uma coisa estanque...É difícil eles relacionarem essas coisas.

Otavio: a escolarização anterior é um problema...

Graça: É! A gente tem uma bagagem muito grande. Tem toda a formação deles... Como você falou: a gente tem que ir mudando aos poucos. Eles têm uma formação...

Otavio: A idéia chave desse primeiro texto foi exatamente a parte que diz respeito ao aluno. Tem que abrir o jogo prá eles, mostrar que existem falsas idéias [sobre o que é aprender um conteúdo], que aprenderam quando têm uma seqüência de conteúdos em seu caderno...

Graça: ...em uma certa lógica!

Otavio: Exato! Que é aquilo que a ciência já fez. Têm aquela idéia que se passou aquilo eles já sabem! Nós vamos provavelmente fazer com eles alguns testes que vão revelar para eles, e para nós, [como está, realmente, a aprendizagem].(...) É... eles têm que contribuir, mesmo que o raciocínio que fazem ainda não leve ao o que a ciência pensa. Aí entra o professor, sempre com o cuidado de não tirar o desafio da participação. No decorrer do bimestre a gente vai acompanhando e vai vendo como é que as coisas funcionam... Nos encontros faremos perguntas como: Houve aprendizagem? O que mais se poderia fazer? Como é que cada uma agiu [na sala de aula]?

Sara: O duro é você trabalhar assim com 45 alunos...

Otavio: É... tem que trabalhar em pequenos grupos, propor trabalhos individuais...

Sara: Mas eles querem saber qual é a resposta certa. Ninguém escreve nada! Escreve uma coisa e vem: está certo isto?

Otavio: É uma aprendizagem que eles vão ter que fazer devagarinho. Não é a resposta certa que vale, no início, mas a capacidade de pensar. E que a resposta certa para a química vai acontecer quando souberem bastante química! Não é assim: passamos o 1º capítulo e agora sabemos as respostas certas sobre isto. O programa de vocês [conforme a leitura que fazíamos] não permite isso. Ele é correto epistemologicamente.

Sara: O que quer dizer epistemologicamente [correto]?

Otavio: Significa correto de acordo com a teoria que fala como se dá o conhecimento! Não é, assim, em pedacinhos estanques. Você vai fazendo um bolo de conhecimentos em que um assunto clareia o outro. O primeiro ano é uma bolo de conhecimentos [não uma seqüência linear de assuntos de química]. Aliás uma das coisas que vamos trabalhar é como vocês pensam que se dá o conhecimento? Por exemplo, se vocês pensam que ele se dá um atrás do outro (justapondo), em escadinha... Dependendo da metáfora que vocês usam, conscientemente ou não, vocês vão fazer a avaliação e vão dizer se o conhecimento se deu ou não. Pela avaliação de vocês, poderemos ver qual a teoria de conhecimento que possuem, qual a epistemologia que está por trás. O meu trabalho com vocês não é o de dar conhecimento, isto não se dá, o meu trabalho é ajudar a verbalizar conhecimentos que vocês já têm. Vocês têm muito conhecimento e verbalizar significa colocar em uma ordem que possa facilitar o aluno. Vocês vão participar como pesquisadores dessa forma...

Sara: Importante é saber como cobrar isto do aluno. Se vamos trabalhar numa linha de fazer e pensar, depois na prova, como perguntar isso daí para não ficar uma coisa assim: ah!, na aula a gente fica pensando... chega na prova ela pede uma fórmula, um número.. e eu não sei como fazer, né colegas...

Ângela: A gente está acostumada com uma linha e agora...

Otavio: Isto nós vamos ver. Você fez a prova, por exemplo! Vamos analisar essa prova... Se você fez o seu aluno responder, simplesmente, por uma informação ou se fez o aluno pensar, raciocinar, criar uma resposta [nova sobre uma situação]. O quanto você valoriza uma resposta ou outra?... À medida que isso vai ficando claro, em conjunto no grupo, vamos achar saídas, achar respostas e, assim, o grupo vai se tornando pesquisador. Eu não teria nenhuma vontade de pesquisar vocês ou sobre vocês. Entram até questões éticas sérias nessa forma de pesquisa educacional. [Proponho-me] a pesquisar com vocês, decidir conjuntamente o que vamos implementar. Depois vamos ver os dados possivelmente produzidos. Isto é pesquisar com vocês. Vocês são pesquisadores. O meu trabalho será verbalizar isso, ajudar a verbalizar isso.

Graça: É, é uma maneira diferente..

Otavio: As questões éticas me impedem fazer de outra forma. O que vamos, efetivamente pesquisar é como o grupo consegue decidir a sua própria mudança.

Como é que vai, devagarinho, se modificando... O objeto é a mudança. Ontologicamente o ser humano é um ser em constante mudança. Só que a gente não se dá conta disso. O que vamos fazer é nos darmos conta disso, continuamente... Fundamentalmente, o trabalho de pesquisa vai ser o de verbalizar a mudança que ocorre no grupo e em cada um.

Não é muito simples convencer os professores de que eles também são, ou podem vir a se tornar, pesquisadores em ação. Toda a formação acadêmica foi calcada na dicotomia ensino/pesquisa. Há a cultura universitária, segundo a qual, o ensino atrapalha a pesquisa dos docentes, exigindo a interrupção de um trabalho "mais nobre e mais valorizado" para "dar aulas" nos cursos de graduação e pós-graduação, e que está presente, muitas vezes de forma tácita, nas crenças dos professores do ensino médio. Essas crenças, como vimos, são difíceis de serem superadas. Acreditamos, no entanto, que o ser humano é um sujeito em contínua reconstituição, desde que motivado por novas interações que o desafiem a superar as rotinas nas quais se acha envolvido. A *reflexão na ação* e *sobre a ação*, bem como a ênfase na ação intersubjetiva, produzida com base na razão comunicativa, são caminhos que procuramos traçar para que as professoras superassem suas crenças relativas à dicotomia ensino/pesquisa. Superar a dicotomia não significa dizer pesquisa = ensino. Elas são atividades diferentes que devem ser conjugadas no trabalho do professor se quisermos superar as atuais deficiências da educação. Ao conjugarmos isso estamos defendendo uma mudança na concepção de ensino e de pesquisa. A pesquisa é aquela que acompanha o ensino, o modifica, procura estar atento ao que acontece com as ações propostas no ensino, aponta caminhos de redirecionamento, produz novas ações, reformula concepções, produz rupturas com as percepções primeiras, etc.

Penso que conjugar pesquisa/ensino no trabalho do professor do ensino médio e fundamental seja mais fácil do que no ensino universitário, não porque sejam, por natureza, diferentes. O professor universitário exerce, na maioria das vezes, o seu ensino em área diferente da que julga ser o seu objeto de pesquisa. Segundo minha visão, isto não o deveria eximir da responsabilidade de conjugar a pesquisa e o ensino, mesmo que isto exija uma nova linha de pesquisa em seu trabalho: a pesquisa conjugada ao ensino. O professor do ensino médio e fundamental pode voltar-se mais para um único trabalho que é, por natureza, exigente das ações de pesquisa e de ensino. Mas a conjugação ensino/pesquisa precisa ser criada na prática, tanto nas escolas quanto nas universidades, e com ela poderá vir toda uma nova organização dos profissionais da educação -professores e docentes- como encontros e *foruns* de

debate semelhantes aos que existem para discutir os avanços nas pesquisas acadêmicas tradicionais. Os encontros de professores passariam a ter um caráter bem diferente do que costuma acontecer hoje, para se tornarem espaços em que os professores/pesquisadores poderiam discutir os novos conhecimentos ou saberes produzidos a partir de suas aulas, em interação com seus alunos e seus pares na escola.

A inexistência de uma cultura, até mesmo de uma idéia, da necessária conjugação ensino/pesquisa na prática educacional, dificulta visualizarmos onde e como poderiam aparecer as questões de pesquisa do professor a partir de sua prática diária. Há tentativas, como vimos no decorrer desse texto, para que isso aconteça, mas o não cultivo dessa idéia na prática dificulta a validação de eventuais propostas nesse sentido. Ao procurar validar os avanços realizados, a referência será sempre aquela pesquisa que a academia está acostumada a julgar e a referendar. Há que ter novas comunidades de produção e validação que envolvam os professores que se constituem, gradativamente, pesquisadores de sua ação pedagógica. Muitos conhecimentos novos, não reconhecidos hoje, poderiam ser debatidos, validados e ampliados.

Ausentes dos "rituais" da pesquisa, alijados dela pela formação ambiental, os professores têm dificuldade, até mesmo, de julgar um programa novo de ensino, um livro didático, ou de produzir as suas aulas com independência e autonomia. Tudo isso poderia ser superado, penso, se desenvolvêssemos mais a idéia da pesquisa do professor como algo inerente à sua atividade profissional. Até mesmo o desenvolvimento da idéia de professor/pesquisador exige que façamos tentativas na prática e, assim, ela se torne propulsora de mudanças reais nas práticas dos professores.

> *Otavio: (...) Quando se trabalha a idéia de professor-pesquisador, temos de pensar a idéia de pesquisa que é uma idéia muito viciada. Não sei se para vocês também... Nós vamos fazer pesquisa interpretativa... É fundamental que os professores reunidos se tornem pesquisadores. Não é algo a mais, é , simplesmente, achar um espaço que vocês têm, de reunião, em que vocês vão trocar as idéias que tiveram. Ali elas serão analisadas. Pode-se fazer outras coisas. Por exemplo, eu também vou observar a aula de vocês... poderão vir alunos da licenciatura, se vocês concordarem, para observar as aulas de vocês. Estes observariam coisas bem específicas. Por exemplo, o tempo que vocês dão para os alunos responderem após fazerem uma pergunta... ou, vão observar se vocês dão mais espaço para o aluno falar, se é que isto foi decidido aqui no grupo. Depois se analisa os dados... Não algo a mais, é a aula normal, é em cima de um programa proposto; é em cima das*

convicções que vocês têm. A mesma coisa vale para as provas. Vocês fazem as perguntas normais de vocês. Pode ser que você perceba que já está apta a fazer uma pergunta diferente. Então você a propõe e nós vamos analisá-la conjuntamente
Sara: é impossível montar uma prova toda com essas mudanças...
Otavio: É claro. Vocês têm uma história que não pode e não deve ser deixada de lado. Seria contra tudo o que eu acredito, e contra qualquer princípio construtivista, esquecer que vocês têm essa história e que ela está interferindo nas ações de vocês. Digamos que em um semestre você tenha feito uma ou duas perguntas diferentes, que você acha que permitem captar o pensamento do aluno. Vamos analisar isso, ver o resultado. Os alunos não conseguiram resolver [essa questão diferente] mas aquela que tinha só [a devolução de uma] informação eles conseguiram resolver. A pesquisa[21] *do 3º ano mostrou que eles sabem o que é entalpia, falam como variação de energia, indicam no gráfico a variação de entalpia... Tudo 100% certo. Agora, se a gente pergunta donde vem essa diferença de energia, aí parou o conhecimento. E isso é a essência da química! É saber que existem interações; se interações deixam de existir e se estabelecerem novas interações, [isto aparecerá na forma de energia]. Sobre o "balanço" dessa energia eles não mostraram nenhum conhecimento. Temos de ver o que a gente fez em aula. Mudar a palavra calor para entalpia, é só troca de palavra, não conhecimento novo... Isto não é o conhecimento químico que a gente gostaria que o aluno tivesse. Só houve troca de palavras: calor liberado para entalpia negativa, calor absorvido para entalpia positiva... Todo mundo acertou isso! Mas isto não manifesta conhecimento de verdade. Enquanto o aluno não entender que nas reações químicas mudam as interações entre os átomos e outras partículas moleculares e que esse balanço chama-se variação de entalpia, ele não aprendeu, ainda, o conteúdo. É isso que vamos ver em nosso trabalho. Acertar a questão, só em termos de uma resposta coincidente [com a que eu espero], sem analisar o raciocínio, não nos deve satisfazer. Não vamos nos deixar enganar! O que ele disse aqui é só devolução de informação... Se foi isto que solicitei, ótimo. Mas devemos pensar sobre isso. O aluno também está acostumado assim, os pais dele... É uma mudança que vai ocorrer com o passar dos anos e um dia terá que ser feita em todos os níveis. A pesquisa educacional, ao deixar de ser estatística, entrou em uma fase nova, tornou-se interpretativa, qualitativa e, com isso, ela está mostrando coisas que não víamos antes. E a saída que estamos propondo é o professor exercer seu papel de pesquisador e o pesquisador exercer seu papel de professor. Supera-se aquela idéia de que o professor transmite um conteúdo, uma proposta.... É por aí! Se vocês toparem...vamos longe!*
Car: Vamos tentar... Temos de começar logo.
Ot: Temos de saber que problemas vão continuar a existir: de aprendizagem, de participação do aluno em sua aprendizagem, mas nós vamos começar a entender esses problemas. Se a gente os compreende, temos mais chances de agir

[21] Realizada pelas acadêmicas de iniciação científica e à qual já nos referimos

acertadamente depois. Às vezes são problemas simples... Li um artigo sobre uma professora que não conseguia envolver os seus alunos nas atividades. O problema dela era sobre avaliação. Os alunos não colaboravam, (...) havia problemas de indisciplina e alguns alunos estavam testando essa professora porque ela não tinha muita experiência para trabalhar com adolescentes, só havia trabalhado antes com adultos. Os alunos simplesmente não queriam colaborar, segundo a percepção dela. Mas ela participava de um grupo de pesquisa educacional e, em determinado momento, conseguiu verbalizar o seu problema, em resposta a uma pergunta de um pesquisador do grupo, sobre como ela imaginava a avaliação. Quando ela conseguiu dizer que a avaliação é como uma janela em que você percebe a inteligência do aluno, ela começou a trabalhar dessa forma e conseguiu que os alunos se envolvessem nas atividades propostas. Ou seja, você pode saber,pela avaliação, como é que o aluno, através da sua inteligência, está elaborando a resposta. [Normalmente, a avaliação praticada consiste na realização de provas com a finalidade de atribuição de nota aos alunos]; é mais fácil você se iludir de que o aluno aprendeu só porque você passou a matéria no quadro, ele copiou para o seu caderno, devolveu na prova...

O trabalho com professores, dentro do contexto da prática deles (grupo de professores de uma escola), permite que os problemas abordados adquiram significação real e, com isso, as discussões podem gerar soluções mais adequadas e com acompanhamento mais efetivo. Ao falar do processo de ensino e aprendizagem, os professores analisam esse processo que estão vivenciando, referindo-se a um programa de ensino concreto em desenvolvimento e à aprendizagem de seus alunos que estão nas salas logo ao lado. Ao falar em avaliação, esta se refere ao sistema que é usado naquela escola, aos resultados apurados naquele bimestre e com tais características. Ou seja, os professores discutem o *mundo vivido da escola*, o que permite aflorar a racionalidade comunicativa e o encaminhamento de soluções, potencialmente, mais interessantes do que as soluções técnicas emanadas de situações genéricas. Por um lado, os problemas do dia-a-dia, as dificuldades sentidas nas salas de aula, podem levar o grupo a se afastar do objetivo maior que é o de criar melhores condições de ensino e aprendizagem junto a seus alunos. Por outro lado, não dar vazão aos problemas do cotidiano da sala de aula, às dúvidas de conteúdo e de metodologia, às queixas dos professores, etc., poderá levar o grupo a um tal afastamento do currículo concreto vivido que este deixaria de ser a referência dando lugar a um currículo artificial e sem chances de ser implementado. É necessário que o próprio grupo, mediado pelo estudo e pesquisa realizadas, faça a dosagem conveniente.

Em uma mesma escola, com um grupo de professores de uma mesma disciplina, por exemplo, a química, há professores que têm uma aproximação maior com a matéria de uma das séries. Isso pode acontecer por afinidade com a matéria a ser ensinada naquela série, por questões burocráticas, por questões afetivas, etc., mas pode ser, também, por excessiva importância dada à "especialização" precoce, e conseqüente fragmentação dos conteúdos de química do ensino médio. É necessário superar a concepção fragmentada de química que está presente nos programas tradicionais de ensino, mesmo em uma mesma série. Para isso é importante que todos os professores participem ativamente de todos os estudos e pesquisas do grupo. Isto foi possível porque se optou em desenvolver, inicialmente, uma unidade central de matéria em cada série e dando vazão aos problemas do dia-a-dia de cada professor, principalmente àqueles decorrentes de mudanças na metodologia e nos conteúdos, introduzidas pelos professores no decorrer das ações da pesquisa.

Havia o compromisso de produzirmos uma unidade de ensino para cada série e também de testarmos mudanças em sala de aula, com base nos referenciais teóricos que desenvolvíamos. Em primeiro momento, o referencial teórico que estávamos desenvolvendo se pautava mais segundo princípios construtivistas que consideram o conhecimento uma construção pessoal, com estratégias para modificar o pensamento original dos alunos - modelo da mudança conceitual - e, assim, permitir a construção do "pensamento científico". Vários episódios revelam essa preocupação dos professores em compreender a forma de pensar de seus alunos, em um claro esforço de pesquisa de sua prática pedagógica, já com base em um referencial estudado e discutido com eles.

Um destes episódios se refere à "compreensão" do equilíbrio químico, algo já estudado por outros pesquisadores (Machado, 1992), mas que sempre surpreende pela distância entre as manifestações dos alunos e os conceitos científicos envolvidos nesse tópico do conteúdo de química. As distorções manifestadas pelos alunos no processo do ensino e aprendizagem podem ser devidas às condições em que se deu o ensino, conforme Machado, como a organização do conteúdo e sua relação com os conhecimentos anteriores.

Em nosso grupo de estudos e pesquisas, o tópico, *equlíbrios químicos,* foi abordado ligeiramente e com algumas indicações de atividades que poderiam facilitar o acesso aos conceitos científicos que o embasam. Uma das atividades sugeridas foi o

de verificar o deslocamento do equilíbrio no sistema gasoso $2NO_2 \Leftrightarrow N_2O_4$[22]. O sistema é interessante porque permite uma percepção visual, por mudança de tonalidade de cor, do deslocamento do equilíbrio por variação de temperatura, além de permitir negociar a superação da concepção dos sistemas em equilíbrio como compartimentos separados para reagentes e produtos, muito freqüente entre os estudantes do ensino médio (Machado, 1992). Em uma temperatura mais baixa, digamos 0°C, obtida ao mergulharmos o tubo de vidro com os gases em gelo fundente, teremos uma coloração castanho-claro, predominando o gás N_2O_4, incolor. O mesmo tubo, mergulhado em água de temperatura mais elevada, digamos, água a 60°C, apresentará uma coloração castanho-escuro, com predominância do gás NO_2 no sistema, castanho-escuro.

Ao propormos essa atividade relativa a equilíbrios químicos, já havia se firmado, entre o grupo de professores, a idéia de ouvir mais os alunos e tentar entender como o conhecimento estava se constituindo em suas mentes. Sara faz o seguinte relato em uma das reuniões de estudo e reflexão:

> *Sara: ... Eu fiz, no terceiro ano, [a atividade] do gás NO_2/N_2O_4.*
> *Otavio: conte um pouquinho como foi!*
> *Sara: Aí eu punha o tubo na água fria e na água quente... Só que era assim, não conseguia desaparecer tudo, [permanecia um pouco de cor]... ficava um pouquinho, tem o equilíbrio... Uma menina, quando perguntei, falou assim: quando você esquenta, as moléculas de NO_2 ficam todas juntas, por isso aparece o castanho... quando você esfria as moléculas de NO_2 ficam mais longe e por isso fica mais claro...*
> *Otavio: Você viu a importância de saber o que o aluno está pensando...*
> *Sara: Aí eu falei assim: e quanto às quantidades? Eu estou querendo explicar prá vocês o equilíbrio! Eles disseram: a quantidade não mudou. O que tinha de NO_2 tem aqui e tem aqui [quando colocado em contato de água fria ou de água quente], porque a senhora não abriu a tampinha... não saiu nada e a senhora não enfiou nada lá dentro...*
> *Aí eu falei: gente, eu estou explicando equilíbrio... Aí eu coloquei a equação química: $2NO_2(g) \Leftrightarrow N_2O_4(g)$. Quando você aquece, o equilíbrio se desloca para esse lado [mostra o lado do reagente NO_2], há uma formação maior de NO_2. Quando esfria, desloca para outro lado, aí tem uma maior quantidade disso [mostra o lado do produto, N_2O_4]. Eles falaram: não desapareceu, elas -[as moléculas de NO_2]- estão só mais longe uma da outra... Então, eles não conseguiam ver que muda a concentração, por isso muda o equilíbrio! E aí?*

[22] Sistema descrito e ilustrado em muitos textos de Química Geral Introdutória como "*Princípios de Química*", de Masterton, Slowinski, Stanitski. Trad., Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 1990.

Otavio: Isso que é aula. Se você não ouve essa aluna falar, você não sabe o que ela está pensando... Ela pensava assim... E os outros, concordaram com ela?
Sara: Ah!... Fizeram até disputa. Um outro falou que não porque tinha visto eu colocar a fórmula. Não, deslocou o equilíbrio... Então eu disse para ele desenhar no quadro...
Otavio: Como é que foi isso? Desenhou moléculas diferentes?
Sara: Um foi lá e desenhou isso e isso (as duas moléculas diferentes).
Otavio: Fizeram isso em recipientes diferentes ou no mesmo?
Sara: No mesmo recipiente. Ele pôs assim para explicar que aqui, quando é marrom, é porque elas estão juntas...
Otavio: Mas estão juntas por que?
Sara: Porque esquentou!
Otavio: Mas porque aumentou o número delas...É isso?
Sara: Não! Aí que não... Eles achavam que o calor juntava elas...
Graça: Na realidade é o contrário. É só você lembrar o estado sólido, líquido, gasoso...
Otavio: Veja que interessante! Eles não aumentavam o número de moléculas (ou diminuíam) de qualquer das espécies...
Sara: Eles não viram entrar nada e sair nada [o recipiente estava fechado], e, então, para eles, o número de moléculas era o mesmo. Aí eu dizia: mas gente isso é uma reação química e reação química transforma as moléculas em outras. Não precisa entrar nada e sair nada. Só que transformou: 2 desse (NO_2) em 1 desse (N_2O_4)...
Otavio: Valeu a aula então?... Essa turma vai entender o que é equilíbrio. Porque ali está a essência do problema. Eles viram que tinham que estar mais juntas as moléculas que davam a cor marrom... Beleza! Mas aí temos um outro problema: se foi aquecido tinham que estar mais separadas... é do modelo da Teoria Cinética... No entanto elas estão mais próximas, está mais marrom. Qual é, então, o único jeito para estarem mais próximas? Terão de admitir que é ter maior número de moléculas de NO_2 quando se aquece o sistema [ele não muda o seu volume por isso]... Pode-se usar outras vivências para reforçar esse modelo: [por exemplo], a água fica mais colorida se coloca mais tinta... Portanto, deve haver mais partículas no sistema [para elas estarem mais próximas em temperatura mais elevada]. Mas donde vieram essas partículas? [Nada foi colocado ou tirado do tubo].Eles tem que admitir que tem que ser a decomposição//composição das moléculas envolvidas [para dar conta do fenômeno produzido]... Você viu que interessante. Isso valeu pelas reuniões que já fizemos.

Um dos princípios teóricos que tentamos desenvolver para a mudança do ensino de química é aproximar as discussões ao objeto referente. O objeto da discussão, no caso, era o sistema gasoso em equilíbrio, cuja representação química é: $2NO_2(g) \Leftrightarrow N_2O_4(g)$. As duas substâncias representadas se encontram em um mesmo

recipiente que está fechado. Um dos gases apresenta-se à nossa visão como castanho-escuro (NO_2) e o outro apresenta-se incolor. Em temperatura mais alta o sistema apresenta-se castanho-escuro e em temperatura mais baixa a cor é castanho-claro. O papel do professor, como mediador do processo ensino e aprendizagem, é permitir que os alunos constituam, em suas mentes, os primeiros significados químicos de *equilíbrio químico* como um sistema dinâmico de transformações químicas em que coexistem todas as substâncias envolvidas no equilíbrio, em menor ou maior quantidade. A variação da temperatura possibilita alterar a posição do equilíbrio, variando a concentração de cada substância que compõe o sistema. No presente caso isto poderia ser visualizado pela variação da cor. Os alunos manifestaram a noção de que a intensidade da cor castanho-escuro indicava maior concentração de NO_2 (maior número de moléculas por unidade de volume), mas não assimilavam a idéia de que esse aumento na concentração era possível às custas da diminuição da concentração do outro gás (N_2O_4), ou seja, que, de fato, o número de moléculas de NO_2 deveria ser maior em temperatura mais alta. E isto é crucial para começarem a entender um sistema químico em equilíbrio.

Há uma idéia consolidada na mente dos alunos que dificulta, ou mesmo impede, a compreensão da explicação científica do equilíbrio químico. O professor reflexivo e/ou professor pesquisador terá maiores chances de mediar, nessas circunstâncias, um novo nível de compreensão: há, nos equilíbrios químicos, uma interação entre as substâncias componentes do equilíbrio de tal modo que substâncias reagentes e produtos são constantemente consumidos e produzidos com a mesma velocidade. Como o sistema estava fechado e em equilíbrio, o aumento da quantidade total de NO_2 no sistema lhes parecia impossível e isto os levou a criar uma interpretação equivocada do que estava acontecendo: a de que o *"calor juntava mais as moléculas"*. Isso pode estar acontecendo porque a idéia de equilíbrio, para os alunos, está associada, muito fortemente, com "a idéia de igualdade" (Machado, 1992). Para não abrir mão dessa idéia anterior, os alunos criam outras explicações que também não correspondem às idéias científicas com as quais já tiveram contato em contexto escolar. Pelas "aprendizagens" anteriores os alunos deveriam dominar a idéia de que em temperaturas mais elevadas as moléculas tendem a se afastar mais umas das outras. Graça se dá conta disso e evoca as mudanças de estado físico das substâncias com o aumento da temperatura como evidência de que as moléculas se afastam com o aquecimento e não se juntam, conforme queriam alguns alunos. Sabemos, no entanto, que no sistema em questão esse argumento não vale pois o

sistema já é gasoso e, pelo fato de estar fechado, não permite maior expansão dos gases, ou maior afastamento entre as moléculas.

Mas há também "igualdades", sob certas condições (em certa temperatura, sistema fechado), nos sistemas em equilíbrio: as velocidades das transformações direta e inversa são as mesmas; as concentrações de todos os componentes permanecem constantes, uma vez atingido o equilíbrio; há uma razão constante entre concentrações de produtos e reagentes no equilíbrio; todas as propriedades macroscópicas ficam inalteradas; a massa do sistema é constante; etc. Vemos logo que equilíbrio químico é um conceito de múltiplas relações e que a sua constituição na mente dos alunos exigirá muitas mediações, tanto do professor quanto pela linguagem e teorias químicas que deverão ser introduzidas. A própria idéia anterior de "igualdade", associada ao equilíbrio, deverá ser estendida e não superada como obstáculo à aprendizagem do conceito científico.

A idéia de dinamicidade do sistema também deve ser ressaltada: dentro da concepção corpuscular dos sistemas químicos aceitamos a idéia de contínuo movimento entre as partículas que os constituem; o movimento das partículas aumenta com a temperatura; os átomos que constituem as estruturas básicas das substâncias continuam interagindo nas colisões entre as moléculas, o que permite novas interações entre os átomos constituintes do sistema, de tal forma que possam se organizar diferentemente e, novamente, produzir a substância de origem; etc. Estas idéias de dinamicidade já deveriam estar bem constituídas a essa altura da formação química dos alunos (3^{o} ano do ensino médio). No entanto, os programas tradicionais de química ressaltam sempre o lado mais estático: as ligações químicas são consideradas "rígidas"; os reagentes se "transformam" em produtos de forma irreversível (fenômeno químico contraposto ao fenômeno físico); etc.

Nesse sentido é importante, também, a revisão da *química experimental* na formação do pensamento químico dos alunos e professores. Em primeiro lugar é necessário superar a idéia, sempre ressaltada na prática formativa dos professores, da existência de uma *química experimental* e de uma *química teórica.* Em nosso grupo de estudo e pesquisa, com vistas à mudança da prática pedagógica, procurou-se integrar essas duas dimensões da química em um bloco único, de tal forma que uma dimensão se conjugasse com a outra. A reflexão sobre os fatos químicos produzidos, como no caso do deslocamento do equilíbrio $2NO_2/N_2O_4$, passa a ser muito mais importante do que um relatório descritivo do que foi realizado. Essa nova prática pedagógica, tocante ao ensino/aprendizagem de química, foi constantemente realçada:

Otavio: (...) Eu não posso usar coisas macroscópicas para explicar química! Eu tenho que trabalhar coisas macroscópicas para tentar sobre isso refletir e nessa reflexão eu consigo ensinar. Eu vou construir conhecimento, dessa forma, a partir da reflexão e não a partir do fato, da classificação... Por isso a química experimental é importante, mas ela não vai resolver o problema da aprendizagem. Química experimental não refletida tende a ser igual à química de quadro e giz, ou até pior, porque você vai perdendo mais tempo. O importante é a discussão, a reflexão... Um aluno pode dizer: professor você não colocou mais NO_2 aí dentro [do tubo], e se aumentou a cor marrom só pode ser pelo fato de as moléculas de NO_2 se aproximarem mais... Sobre isso se faz a reflexão e esse é o ensino! Essa reflexão pode ser motivada por uma coisa tão simples como pegar um tubo com NO_2 e fazer esse tubo ficar mais castanho escuro ou mais claro... Isto vai "atiçar" a reflexão e, nesse sentido, a prática [a experimentação] é válida. Foi isso que tentei dizer a vocês, em certa ocasião, que, nem sempre, os relatórios tem que ser assim detalhados. Tem que ensinar, também, aos alunos, a fazerem relatórios... Mas o relatório não significa o relatório da "aula experimental", [desgrudada da reflexão]. Eu posso fazer um relatório daquele jeito tradicional: o que essa aula queria; qual a bibliografia que consultei; introdução; desenvolvimento; recursos utilizados, etc., de uma aula qualquer.

O relatório deve ser feito, é importante que o seja, mas ele pode ser o relatório de uma aula normal [sem distinção de aula "prática" ou "teórica"]. Por exemplo: escrever, com significado, -portanto, tem que ter um enunciado, qual a essência da aula, quais os termos usados, uma introdução, um desenvolvimento- e eu vou analisar com detalhes como cada um está pensando. Este poderia ser um relatório! Seria, igualmente, um excelente material de avaliação!... Excelente material de avaliação porque o aluno sabe que, de vez em quando, o professor vai pedir que ele relate a aula. Relatório de uma aula que você preparou bem; em que você introduziu uma discussão; em que você levantou os pensamentos dos alunos; o aluno interveio e aquela intervenção foi o principal motivo da discussão... Eles relatam isto e vão se dar conta que a aula são eles que fazem. Isto vale tanto quanto, ou mais, aquilo que, normalmente, chamamos de relatório da aula prática. O relatório de aula prática, [dentro dos jargões dos químicos], tem um significado para quem vai ser químico, para quem vai trabalhar com química. São quantos porcento de nossos alunos? 1 ou 2?

Ângela: talvez zero %, algum %...

Otavio: É! Então a gente trabalha com os 98, 99% restantes em detrimento da reflexão, envolvimento...trabalha um assunto de desenvolvimento profissional e que será para pouquíssimos, e a gente deixa de fazer aquilo que realmente interessa e que é a reflexão sobre o que a gente discutiu, sobre o que os alunos levantaram... Eu defendo que o aluno tenha que aprender a fazer relatórios mas não são esses relatórios que a gente aprendeu nas faculdades como sendo aqueles e pronto. (...)

Os meus alunos fazem relatórios das práticas, mas eles fazem relatórios, também, das aulas. Depois de dois meses de atividades no primeiro ano, do ensino médio, eu faço uma pergunta a eles: O que você aprendeu em química até aqui e como? Peço para eles escreverem livremente... Tenho alunos que escrevem páginas e páginas após apenas dois meses de aulas, com coerência, falando da química, do mundo que eles estão descobrindo... Os alunos, realmente, escrevem muito, o que é essencial em sua formação: saber falar, argumentar, se expressar na forma escrita, etc... É claro que nem todos escrevem tanto... O que é isso? É um profundo envolvimento, é uma abertura de idéias. Trata-se, então, de cobrar dos alunos a escrita [e a organização do pensamento]. Cobrar deles desafiando-os. (...) O resultado tem sido interessante!

Práticas simples como essas, desenvolvidas a partir de episódios de aula sobre os quais se refletia conjuntamente, permitiam que as professoras se constituíssem diferentes e começassem a buscar novos caminhos em suas ações pedagógicas. Principalmente se davam conta dos problemas de aprendizagem e de ensino. O episódio relatado por Ângela, envolvendo também o sistema gasoso $2NO_2/N_2O_4$ ilustra bem, essa situação. Essa professora solicitou que os alunos escrevessem e desenhassem o que estava acontecendo no sistema.

Ângela: Eu tinha dito que a gente ia estudar isso [equilíbrio químico], e que era o primeiro tópico a ser estudado. Mas não falei nada. Só prá ver se eles conseguiam dar uma explicação para essas mudanças de cor de acordo com o resfriamento e aquecimento do sistema. A grande maioria (...) não têm idéia de como estão as partículas de gás; eles não têm idéia... quando se usa, lá no primeiro ano ou oitava série para representar o estado sólido, líquido ou gasoso. Depois que eu tive que explicar como é que a gente faz para representar... (...) Quando você fala eles começam a se dar conta...

Graça: É uma coisa muito complicada a gente trabalhar esses alunos...

Otavio: Vamos ver, Ângela, o que você esperava de diferente do que eles responderam?

Ângela: Que, pelo menos, eles associassem com alguma coisa de reação química...

Otavio: Mas que informação eles tinham, no caso?

Ângela: Que a gente estava trabalhando gás marrom, que é o NO_2, que mediante uma alteração de temperatura alguma coisa ia acontecer dentro do sistema fechado. O que é aquela coisa que vai acontecer? Como é que muda? Eles viram, no primeiro ano, evidência de transformação química. Que é a mudança de cor. Apesar, de como ela fala, não fica totalmente incolor. Fica claro. Pois, não é uma evidência? Não é macroscópica? Não é visível?...

Otavio: Vamos fazer a critica, Ângela! Nós estamos querendo ensinar química! Eles não tinham a informação de que esse $NO_{2(g)}$ ia se transformar em outro gás, representado por $N_2O_4(g)$ e que era incolor...

Sara: (recoloca como fez o experimento do sistema NO_2/N_2O_4 com os alunos dela) Eu pequei um pedacinho de cobre em um tubo e joguei o ácido nítrico concentrado, efervesceu, formou solução verde, formou bolhinhas, ficou saindo gás... Aí expliquei direitinho prá eles que dentro do tubo tem um equilíbrio que é entre NO_2 e N_2O_4. NO_2 é um gás marrom. N_2O_4 é um gás incolor. Agora vou colocar em água quente... O que aconteceu? Ah, ficou cor marrom mais forte. Depois em água gelada.... Clareou.

Otavio: Você não chegou a solicitar que os alunos fizessem por escrito [suas interpretações], como fez a Ângela.

Sara: Não! Só falando. Não sei o que outros pensaram... Aí pedi a um aluno que representasse o que achava. Aí ele representou as moléculas tudo juntinho, quando aquece as moléculas mais juntas... Isto faz com que parecesse mais marrom. Quando esfria as moléculas se separam e por isso clareia....

Otavio: O que apareceu mais nos alunos da Ângela foi essa idéia de que ficava mais marrom com as moléculas juntas. Mas para você eles não estavam sabendo que o NO_2 estava se transformando em N_2O_4.

Ângela: Talvez tenha sido esse o meu erro, o de não colocar: marrom é tal gás e incolor é outro, [sem ter discutido que esses dois gases coexistiam no sistema]...

Otavio: E aí ver se eles iam ver a transformação de um tipo de gás para outro e que isto era reversível; se esfriar ficava mais clarinho e se aquecer ficava mais escuro... Eles associaram apenas a idéia de um único gás.

Ângela: Mas teve um caso, um único menino, que eu não esperava que fosse acontecer; são duas classes e numa delas um garoto escreveu isso: $NO_2(g)$ que vai para $N + O_2$. Então, o incolor era o O_2. Do N ele não falou. Mas o O_2, a gente respira o oxigênio [que é incolor] e isso aqui era marrom...

Otavio: Vamos ver, Ângela, o teu objetivo era o equilíbrio...

Ângela: Mas não atingi...

Otavio: Você teria que rever a sua forma de introduzir. Você pode voltar, a aula não está perdida, tendo em vista o que eles responderam....

Ângela: É que depois que eu fiz, eu não olhei esses escritos na sala, eu disse que traria os resultados depois, mas aí eu fui discutindo pela equação. Tanto é que chegou no caso de O_2 virar O_3, ozônio, camada de ozônio, geladeira.... sei que a conversa foi parar em endotérmico e exotérmico. (...) Depois eu coloquei os modelinhos, como é que estava acontecendo... Foi a seqüência da aula! Agora eu coloco aqui: falamos que equilíbrio é quando as velocidades são iguais, que o equilíbrio é dinâmico, quantidades de reagentes e produtos, constantes de equilíbrio... Para que falar em cálculos de constantes de equilíbrio se eles não têm noções básicas de química?

Otavio: Você se questionou....

Ângela: Mesmo assim eu continuei!

Sara: Você viu que têm muitos que falam tubo número 1 e tubo número 2.

Ângela: Duas coisas separadas.

Otavio: Mas você tinha um tubo só.

Ângela: um só!

Ângela: Talvez seja a gente que está errando com a linguagem...

Otavio: Temos que partir do teu objetivo, o que você queria fazer naquele dia. Eles têm que ter uma informação básica e que consiste no seguinte: este gás que eu coletei e que aparece com a cor marrom é o NO_2. Mas esse gás se transforma facilmente e em qualquer temperatura, em N_2O_4, que é incolor. Com essa informação... tentar mostrar o filme[23]*, e fazer de novo a pergunta sobre o que estaria acontecendo agora.*

Ângela: Vou voltar hoje, vou ver se consigo...

Otavio: O principal é informá-los bem. Olha, vocês ainda não tinham captado 100%, e como é que, agora vão tentar explicar... É ver se pelo filme e de posse da informação, eles vão expressar outros pensamentos.

Ângela: eu omiti essas informações.

Otavio: É importante ter informações para entender o fenômeno. Nós não podemos supor que o aluno adivinhe o que está acontecendo...

Ângela: Tanto é que aquele garoto propôs uma transformação em que se produzia N + O_2

Otavio: Ele queria explicar que havia uma transformação (...) De qualquer modo, eles jogaram uma idéia muito interessante, tanto os alunos da Sara quanto os teus, que estando mais juntas as moléculas gasosas, a cor vai ficar mais intensa... Eles tinham uma idéia fixa [fruto da vivência] e que era essa: estando mais juntas as moléculas de NO_2 a cor seria marrom mais intensa. A partir disso dizem qualquer [coisa, mesmo que vá contra outros conhecimentos já consolidados] (em temperatura mais alta as moléculas estão mais próximas). Isso está claro nos escritos, nos desenhos e nas falas.

Ângela: Mas eu falei isso depois: gente, pense comigo, estado gasoso, estando mais quente vai ficando mais agitado ainda, vai ficar mais separado[24]*. Como é que vocês me falam isso?*

Otavio: O importante é sabermos, e você deduziu certo, Ângela, como é que vamos entrar nos cálculos se eles não conhecem os fenômenos? Eu até diria: nos cálculos eles vão até melhor. Não significa que vão aprender química. Acho que tem que saber o momento das coisas. Mas discutir o fenômeno químico, problematizar [isto é essencial].

Ida: .. eu acho que quando temos uma reação química devemos sempre colocar com calma a equação, escrever com calma, sem explicar muito, mas sempre colocar...

---

[23] Um filme sobre Equilíbrios Químicos, produzido nos anos 70, quando da reforma do ensino de Química nos EUA e que as professoras mostrariam a seus alunos.

[24] Mais uma vez aparece a idéia equivocada da professora sobre a ocupação de todo o volume do recipiente por um gás. Nessa situação as moléculas não podem se afastar mais...

Otavio: É a linguagem química.

Ida: do contrário, a gente chega aqui [no terceiro ano] e eles não sabem o que está acontecendo, mesmo tendo passado pelo primeiro e pelo segundo ano...

Ot: Lembrem-se do seguinte princípio que estamos querendo fortalecer: o ser humano não consegue pensar sem palavras (signos), ou aceitamos o princípio de que o ser humano precisa de palavras para poder pensar abstratamente, organizar o pensamento. Essa pretende ser uma questão chave na química. A linguagem química, conforme já dissemos na reunião passada, bem conduzida (...). A representação química, a linguagem desenvolvida para a química, permite ver se houve uma mudança fundamental ou não. Houve alguma mudança? Qual foi? Aceitado o princípio é não ter medo algum de usar a linguagem e a linguagem como ela é. Se o sal é dissolvido em água, ele o é na forma de íons...Se o hidróxido é dissolvido em água, ele libera íons OH^-, se um ácido é dissolvido em água ele produz íons H^+, etc... Aí, sempre aquela idéia de conservação das cargas. Se produziu carga positiva, deve haver carga negativa, do contrário estaríamos produzindo ou destruindo cargas... É usar e abusar dessa linguagem. É a única forma de a gente organizar o pensamento... Concordo contigo, Ida, vamos usar a linguagem.

Mas eu gostaria que a Ângela chegasse para a classe e dissesse: já que a interpretação não foi boa, talvez tenha fantado informação... Temos aqui duas coisas... Aí passa o filme e convida a eles a interpretarem de novo o que está acontecendo com o sistema NO_2/N_2O_4.... Pode ser assim? Deixo contigo as folhinhas [dos desenhos e escritos dos alunos] e vamos comparar depois.

Ângela: Deixa só colocar uma coisa: eu coloquei de maneira errada, ela [Sara] colocou de maneira mais correta, mas como é que os dois grupos, com informações diferentes, uma mais errada, chegaram na mesma coisa? (representaram as moléculas mais juntas para justificar a cor mais intensa)

Ot: Talvez porque os alunos da Sara, que estavam informados sobre o sistema em equilíbrio, não admitiram a idéia de um se transformar em outro, dentro do mesmo recipiente. Eles não admitiam que sem botar nada lá dentro pudesse aumentar a quantidade de um deles.

Sara: Um ou outro falou, não foram todos...

Otavio: Tu não sabes o que os outros pensavam...

Sara: um falou que havia equilíbrio que um passou para outro. Aí uma não concordou... Fiz até votação para ver quem concordava com um ou com outro...

Graça: É esse o problema, viu Maldaner, a gente não está sabendo colocar as coisas no seu devido lugar...

Otavio: O certo é isso: antes, talvez, vocês davam a matéria e não se davam conta que eles não estavam entendendo. E agora, o que vocês estão vendo? Que, se vocês vão testar, de fato, o que se pensou não está acontecendo. Ou seja, um professor que começa a pesquisar o que está acontecendo nas idéias dos alunos é que começa a se dar conta...

Graça: É isso aí, é isso aí! (...) [Mas] a gente não tem muito tempo para preparar as coisas também. Eu dou aula a manhã inteira, 6 h. Não dá tempo de preparar, de ler por exemplo; eu ando com os livros dentro do carro e quando estou esperando as crianças estou lendo... Não tenho tempo de estudar. Aí chego em casa, tem crianças, tem marido...

Otavio: Mas temos as duas horas de segunda-feira...

Graça: Ajuda, mas a insegurança é no como colocar as coisas, entendeu? Como cobrar as coisas (...) Agora, se não der certo daquele jeito, de ele saber que não sabe nada, o que a gente faz? Um mês [que resta para o trabalho escolar efetivo, tirando a época dos "provões" e as duas semanas de interrupção para os jogos da primavera], que que se faz?

É este exercício coletivo de reflexão, no caso, *reflexão sobre a ação,* que permitiu que as professoras desenvolvessem o *ensino reflexivo* e/ou se constituíssem em professoras/pesquisadoras de sua ação pedagógica. É dentro da rotina das aulas que as pequenas ações, como solicitar que cada aluno escrevesse sobre o que estava entendendo ou o expressasse por desenhos, que as professoras começaram a definir seus objetivos e fins, bem como os caminhos para atingi-los. Novas *teorias e práticas* poderiam ser desenvolvidas ao serem criticadas práticas anteriores, **"quando [professores] refletem juntos, ou separadamente, em ação ou sobre a ação, a respeito de seu exercício docente e das condições sociais que configuram suas experiências docentes"** (Zeichner, 47:1993). Graça expressa muito bem essa possibilidade de desenvolver novas práticas pedagógicas, mas se dá conta das limitações para fazê-lo - pela própria insegurança e pelas condições de tempo disponível. Estas limitações impedem o desenvolvimento melhor e mais objetivo do processo de ensino e aprendizagem, segundo parâmetros definidos fora do contexto da escola e segundo a racionalidade técnica, mas não impedem a reflexão sobre a situação real do processo, o envolvimento e as condições dos alunos, os limites impostos pelo meio social, etc. Ao tomarem em suas próprias mãos a definição de um programa de ensino, adequado para uma situação prática, com a definição dos fins e dos meios pelos próprios atores do processo, ainda que referenciado a teorias mais amplas, novos parâmetros de análise do processo poderiam ser criados.

Muitas situações do exercício docente serviam, constantemente, para aprofundar essas mesmas reflexões, e outras, sobre as ações desenvolvidas nas aulas, a partir das decisões tomadas de forma coletiva, dificultando, até mesmo, um planejamento mais rígido de ação no grupo, como aprofundar teorias pedagógicas e outros referenciais que dessem mais consistência teórica. Mas isto não impedia a

produção do grupo na direção da mudança das aulas de química, escopo da pesquisa coletiva realizada. Não é possível analisar muitos destes episódios relatados pelos professores nas diversas reuniões ou sessões de estudo e reflexão realizadas. Mas há um exercício docente, considerado de extrema rotina nas escolas, que passarei a relatar com mais detalhe, tentando mostrar os avanços e retrocessos conseguidos em nosso grupo de pesquisa. Refiro-me à **avaliação escolar.**

III.3.2 - O olhar sobre a avaliação escolar em química: o exercício da pesquisa e o desenvolvimento do professor/pesquisador

Ao propor um programa alternativo de química no ensino médio, já discutia a necessidade de mudar a avaliação tradicional da aprendizagem em química (Maldaner, 1994). Falava, então, da necessidade de "desrotinizar" um exercício profissional do professor que é o de "dar notas" para os seus alunos a cada bimestre, ou mesmo, a cada mês. Para a mudança do ensino de química, dizia, é necessário analisar a produção do aluno e a forma do pensamento com a qual ele o faz. Com isso estava propondo que fosse feita uma avaliação de todo o processo de ensino e aprendizagem em desenvolvimento, tendo em vista a sua melhoria, e não a execução de uma rotina que só serve para controle e dominação do aluno no contexto escolar. Defendia, no mesmo texto, o incentivo à produção do aluno através de relatórios de aulas que não se pautassem por regras rígidas de elaboração mas que fossem leves a manifestassem o prazer da comunicação de um aprendizado novo. As questões de provas, inevitáveis no atual sistema educacional, também permitissem a produção dos alunos e não fossem meras repetições do que fora realizado nas aulas. Essas produções permitiriam sempre uma gradação positiva, além de informar, ao professor e ao próprio aluno, a forma de pensamento já desenvolvido sobre um determinado assunto.

Por acreditarmos que há espaços para uma avaliação melhor do processo da produção escolar dos alunos e que ela possa indicar os caminhos da mudança do ensino de química, ela foi tema de constante preocupação em nossas reuniões. Mas a avaliação, mais entendida como a realização de provas sobre conteúdos desenvolvidos, é igualmente fonte de constante preocupação dos professores de química. Não se pode negar esse exercício de realização de provas como prática central na atividade docente e no funcionamento das escolas, constituindo-se a forma de controle e sanção, por excelência, tanto por parte dos professores quanto da

direção. Essa prática está na memória de todos quantos passaram pela escola e é, com certeza, a representação mais corrente que se tem da escola. **"O sistema de avaliação quantitativa e os seus sucedâneos qualitativos são assim esquemas familiares, inteligíveis, que participam de uma imagem corrente, de uma representação vulgar da escola"** (Perrenoud, 1993 :175). Quando os professores falavam em avaliação, eles se referiam, na mais das vezes, às provas, tanto às provas parciais quanto aos *provões*[25] . Fazer provas constitui-se em *conhecimento na ação*, na maioria das vezes "captado" do meio, sob cujo império os professores agem sem crítica e sem censura. Um tal conhecimento é cercado por muitas crenças de competência profissional e, por ser da rotina dos professores, não pode ser desconsiderado quando se pretende pesquisar a própria ação docente. Decidiu-se fazer pequenas mudanças de início, segundo a qual as professoras fariam uma ou duas questões das provas com características novas para que pudessem refletir melhor o pensamento dos alunos e/ou suas competências cognitivas sobre determinados assuntos. Essas questões seriam analisadas pelos próprios professores e se constituriam em material de pesquisa deles, tendo em vista a mudança do ensino e outras práticas docentes.

Philippe Perrenoud (1993) escreveu um artigo cujo título é: **Não mexam na minha avaliação! Para uma abordagem sistémica da mudança pedagógica**! O próprio título enuncia a sua tese sobre a avaliação escolar. Perrenoud defende a idéia de que mudanças profundas nas práticas de avaliação possam **"desestabilizar a prática pedagógica e o funcionamento da escola"** e propõe a *avaliação formativa* como saída possível. Vê-se, logo, a dificuldade de fazer tais mudanças! Por acreditarmos no mesmo princípio e cientes da dificuldade de fazermos mudanças profundas na prática escolar como um todo, é que propomos o que poderíamos chamar *um exercício de pesquisa* dos professores, dentro da normalidade do seu trabalho. As professoras aceitaram o desafio e começaram a relatar as suas experiências no grupo, revelando importantes descobertas que viriam a provocar mudanças em suas práticas pedagógicas.

Em uma das nossas sessões, Sara relata a primeira análise que fez de uma questão relativa a equilíbrio químico. Ela solicitava que os alunos explicassem por que se rompe o equilíbrio $H_2CO_3(aq) \Leftrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$, ao ser aberto um refrigerante ou água com gás.

[25] O sistema de avaliação da escola exigia que os professores dessem uma prova parcial, sobre conteúdos desenvolvidos no mês, e mais uma prova de final de bimestre e que englobava todos os conteúdos e objetivos do bimestre. Essa última fazia parte da programação global da escola e exigia a interrupção das aulas durante uma semana para a realização dessas provas, em todas as matérias. Voltarei ao assunto mais adiante.

*Sara: Eles puseram: aqui é **um** volume (H_2CO_3)[reagentes] e aqui são **dois** volumes (CO_2 e H_2O) [produtos]. Aí ele disse que na hora em que abro a garrafa, diminui a pressão e o equilíbrio se desloca para o lado de maior volume. Só que teve gente que disse que ao se abrir a garrafa CO_2, de maior volume, vai para o espaço, vai para fora da garrafa...*

Otavio: porque você permitiu ele sair, e [ao abrir o sistema não há mais possibilidade de um novo equilíbrio] então, a resposta deles está certa...

Sara: Agora, não foi a maioria que acertou. Muita gente fala só assim: diminui a pressão interna, aumenta a pressão externa... Faz a maior confusão... Observa a efervescência, desprendimento do CO_2 , mas não explica porque, que há um deslocamento do equilíbrio. Eu só considerei certo para quem colocou o deslocamento do equilíbrio... Pelo menos falar que o equilíbrio está se deslocando e o motivo. Tem gente que fala que entra oxigênio que reage oxigênio com a reação e por isso forma o CO_2...

Otavio: Eles acham uma saída, porque é uma prova...

A questão feita pela professora Sara não se enquadra perfeitamente dentro da expectativa de resposta dela. Em primeiro lugar trata-se mais de uma questão ligada a um duplo equilíbrio, sem contar mais dois equilíbrios que se estabelecem na dupla ionização do $H_2CO_3(aq)$. Por simplicidade considero só os equilíbrios I e II para tecer algumas considerações sobre a questão dada por Sara: I. $CO_2(g) \Leftrightarrow CO_2(aq)$;

II. $CO_2(aq) + H_2O(l) \Leftrightarrow H_2CO_3(aq)$.

I. representa a solubilização do gás CO_2 e que é proporcional à pressão parcial do mesmo gás sobre a superfície livre do líquido (basicamente água). Ao diminuir a pressão desse gás, abrindo a garrafa, haverá uma diminuição da solubilidade de CO_2, ou seja, diminui a concentração de CO_2 na solução. O equilíbrio é deslocado para a esquerda em I. Isto afeta o equilíbrio em II que representa a formação do ácido carbônico a partir da interação entre H_2O e CO_2. Ao diminuir a $[CO_2]$[26] na água haverá deslocamento do equilíbrio em II, também para a esquerda, para com isso aumentar novamente a $[CO_2]$ que fora diminuída com a saída de CO_2 da solução e novamente aumentar a pressão que fora diminuída em I[27].

[26] Ao usar o símbolo [ ] englobando uma fórmula química, estou me referindo à concentração em mol/dm^3 dessa substância.

[27] Todo esse linguajar, referente aos equilíbrios, é típica no ensino de Química no grau médio e é baseado nos princípios de Le Châtelier sobre deslocamentos de equíbrios quando é mudada uma das condições de um equilíbrio já estabelecido.

Sistemas de equilíbrios, como I e II, podem ser pensados também como um único equilíbrio, conforme pensou a professora Sara. Para isto basta somar as equações químicas que representam os equilíbrios. Teremos então:

$$\text{III. } CO_2(g) + H_2O(l) \Leftrightarrow H_2CO_3(aq)$$

Ao representar desta forma o equiíbrio é possível responder que a diminuição de pressão sobre o sistema desloca o equilíbrio no sentido de novamente aumentar a pressão de $CO_2(g)$ e que representa, também, o maior volume por ser gás, etc. É isso que a professora Sara imaginava que os alunos dela pudessem responder. Deve-se observar, no entanto, ao propor uma situação prática, como abrir a garrafa de um refrigerante ou de uma água gaseificada, o sistema passa a ser mais complexo do que os sistemas normalmente usados nos exemplos de aula. Além disso os alunos imaginam a situação prática de abrir a garrafa quando percebem a saída do gás, a formação de bolhas. Vêem, também, que a formação de bolhas cessa logo após fechar novamente a garrafa com tampa adequada. É nessa situação de *alta vivência* dos alunos que surgem as dificuldades no uso dos conceitos da ciência pois, na maioria das vezes, só restam fragmentos destes conceitos na memória deles. Sara viu isso quando disse: *fala a maior confusão!*

Questões abertas como estas permitem que o aluno possa exercer o seu raciocínio e expressar o seu pensamento. O professor, no entanto, precisa aprender a formular bem esse tipo de questões e, ainda, estar preparado para aceitar respostas diversas do que aquelas respostas já formuladas em aula para aquelas situações ideais. No presente caso era essencial que deixasse claro que a garrafa seria novamente fechada, condição para permitir estabelecer um novo equilíbrio. Aliás, este detalhe não passou desapercebido por Graça, como veremos logo adiante. Isto filtraria algumas situações como o fato de o gás se expandir e *ir para o espaço.* As situações práticas são muito mais complexas mas têm a vantagem de permitir a criação dos alunos. Cabe ao professor interpretar essas criações e mediar novos níveis de compreensão dos alunos.

Sara relata a sua experiência de pesquisa ligada à avaliação relativa a outra questão, dada para o segundo ano:

> *Sara: Outra questão que eu fiz foi assim: ao mergulhar uma pedrinha de gelo seco em uma água levemente alcalina, em presença de fenolftaleína, a cor rosa desaparece. Explique.*

Aí eles achavam que a fenolftaleína é que reagia, que o CO_2 se dissolve e aquilo faz uma variação de temperatura e por isso a cor muda... Eles não acham que a fenolftaleína está lá só indicando a cor; eles acham que entra na reação também...

Otavio: Isto para uma turma para a qual você ensinou ácidos e bases?

Sara: É, ensinei pH, usei os indicadores, falei da fenolftaleína, do alaranjado de metila e do azul de bromotimol. Dei três exemplos de indicadores de pH, falei que essas substâncias só funcionam para indicar...

Muita gente pôs que o CO_2 (...) ia formar o ácido carbônico com a água e por isso o pH ia ficar ácido e mudar a cor [dos indicadores ácidos/bases]. Mas tem gente que diz que em presença de fenolftaleína... eles não lêem, eles não têm paciência prá ler.. . então eles pensaram: "em presença de fenolftaleína", como se a fenolftaleína estivesse reagindo e que, por isso, mudava de cor. Não relacionaram que alcalinidade é basicidade... E a gente sempre fala...

Otavio: Aí você tem que reforçar [mesmo na questão da prova], porque são termos que prá nós são muito evidentes: falar dos [elementos] alcalinos, que os óxidos de alcalinos são bases que reagem com água e formam hidróxidos... Estas relações são muito evidentes para nós e não para eles, ainda. Até que eles relacionem essas coisas: alcalinidade, alcalinos, bases... [leva mais tempo].

Mas vamos aproveitar o que a Sara está (...) nos colocando, e depois quero falar algumas outras coisas, inclusive fazer a leitura do texto... A gente vai ler em conjunto, já que a Graça falou que tem algumas mais complicadas, então eu preciso discutir com vocês...

Vocês que estão se propondo a ser uma equipe de professores/ pesquisadores, confirmaram isso no depoimento[28]*, que inclusive está muito bem feito e eu já mandei para a coordenação do Encontro.*

Graça: Mandou daquele jeito?... Devia dar uns retoques...

Otavio: Não fiz retoques de propósito, a não ser a redigitação, pois ele tinha que sair em certo formato, conforme as orientações do encontro. Isto deverá sair em livro resumo e, assim, era importante que aparecesse também o nome de todas vocês...

Eu queria aproveitar o que a Sara estava colocando... Vocês estão fazendo provas agora, querem inovar com uma ou outra pergunta, e este é um certo compromisso com a pesquisa. Entre 10 questões, por exemplo, façam duas sobre as quais possam fazer uma observação especial e ver se, realmente, os alunos estão compreendendo, estão raciocinando em cima daquilo. Esta é a sugestão. É lógico, e vocês colocaram isso no papel, vocês ainda não têm a segurança para uma mudança total. Isto só vai acontecer com o tempo... E nem precisa ser total. Quando a gente entra num grupo de formação continuada de professores, como este, nunca deve jogar fora o que se fez antes. Toda a história da gente é importante, e esta é uma base do construtivismo! Vocês têm muitas coisas fundamentais importantes e que já conquistaram e que tem que ser buriladas e aperfeiçoadas e nunca jogadas

[28] Estava me referindo ao depoimento que as professoras haviam escrito para a "MR", da qual participaríamos no VII ENDIPE, Goiânia, 1994. Ver livro resumo.

fora. Mesmo assim, vocês têm conversado no grupo que poderiam fazer uma ou duas questões, uma certa porcentagem de questões às quais pudessem dar uma atenção especial. É essa atenção especial, aquilo que a Sara tentou nos relatar aqui. Isto poderia ser escrito, em uma página ou duas, como que a trajetória de uma professora que está pesquisando. E, na medida em que isto acontecer, vocês terão a oportunidade e sentirão a necessidade de fazer a comunicação. Primeiro no grupo aqui e mais tarde para outras pessoas... Então, se vocês fizessem isso, durante uma meia hora, tentassem analisar aquelas questões, fizessem um levantamento de como os alunos responderam àquelas questões, quantos alunos relacionaram, por exemplo, aquela pergunta do CO_2 com a formação do meio ácido e conseguiram explicar porque o meio ficou ácido e quantos só conseguiram ver que desapareceu a cor vermelha e associaram isso com um meio menos básico...

Sara: É, teve gente que disse que neutralizou, que o CO_2 neutralizou a alcalinidade e por isso mudou a cor...

Otavio: Ele não sabe tudo, sabe alguma coisa... Lembram a idéia de gradação nas questões. Então, à medida em que vocês vão achando categorias de respostas, respostas perfeitamente corretas, respostas que são apenas fragmentos de aula como, por exemplo, aquela em que o aluno falou que mudou de cor e ficou menos básico ou ficou ácido. Essa é uma resposta quase decorada, do tipo escolar.

Sara: Tem gente que inverte, acha que o rosa é o ácido, o incolor que era o básico...

Otavio: aí já começa a confusão...

Sara: É que não estudou direito...

Otavio: eles confundem na hora. Mas se eles relacionam isso com a mudança e sabem explicar, mesmo que ele trocou e disse que o CO_2 produz meio ácido, mesmo que troque a cor, é um acerto grande da resposta. Então, é importante vocês fazerem isso. Na medida em que vocês fizerem isso mais vezes, escrevendo uma folha, duas folhas... o grupo estará sendo avaliado por mim e pelos outros que vão julgar todo o trabalho realizado, um grupo que está em evolução. Vamos supor, se vocês começarem a produzir mais e estas produções circularem, embora essa produção já esteja registrada aqui [com o uso] do gravador(...) há pesquisadores, como constatei recentemente em um encontro em São Paulo, junto a um grupo de professores pesquisadores em educação, já com grande experiência e grande produção na pesquisa participante e, estas pessoas, sem ouvir direito como é que estamos produzindo, já foram dando opiniões [no sentido de serem os próprios professores que deveriam escrever as reflexões e não eu]... [Espero que] com o tempo vocês venham a fazer isso. Então, essas coisas, sobre as quais vocês, de fato, atuam, se começarem a colocar no papel, sem aquela censura de querer fazer um texto perfeito (...). Isto vai ajudar bastante a desenvolver isso que a gente imagina do professor que está, de fato, pesquisando a sua aula. É lógico, no momento em que você está fazendo a pergunta e começa a analisar as respostas [dos alunos], você está realizando a pesquisa.

Sara: Mas daí fica só prá nós. Temos de escrever para os outros, também.

Otavio: Ou pode ser dito oralmente como você está fazendo constantemente, Sara. Alguém mais tem uma colocação a fazer, nessa primeira parte?

Graça: Eu queria só esclarecer aqui como é que fica a situação da Sara aí, não sei se chegou a discutir com ela..., aquela questão que o aluno falou que abriu a tampa do refrigerante e saiu o gás, o maior volume... Como é que fica essa confusão... não é confusão, se admite num sistema fechado, e daí, como é que responderia, explicaria isso daí?

Otavio: Aí no caso o aluno viu que o sistema ficou aberto. Se ele tivesse dito: o sistema ficou aberto e com isso se tirou a condição do equilíbrio, ele foi, então deslocado a favor da expansão... seria uma resposta perfeita. Ele ia ver: abriu o sistema, diminuiu a pressão e por isso foi para o maior volume... nesse caso seria uma resposta perfeita. Isso alguém podia ter colocado... A pergunta tinha um complicador a mais... e se nós temos a idéia de nunca fechar e sim de abrir, mesmo que o aluno às vezes se "esborrache", ele fique perdido..., não tem problema. Isso é tudo argumento para a gente saber que ensino é isto, não é proteger o aluno para que ele não erre, deixar ele sempre num espaço muito estreito... A nossa idéia é a de um ensino aberto que deixe espaço para a criação e a formulação de um raciocínio próprio por parte do aluno.

Mesmo que os professores ainda não escrevessem os seus textos para serem publicados e discutidos no meio acadêmico, algumas constatações importantes começaram a aparecer, mostrando que a estratégia adotada permitia a pesquisa da própria prática e, com isso, a modificação das práticas educativas, pelo menos em nível de sala de aula. Estávamos longe da *avaliação formativa proposta,* por Perrenoud (1993), aquela capaz de mudar a escola. Para implantá-la teria de mexer em outras frentes, como as condições de trabalho na escola, sobrecarga de trabalho dos professores em sala de aula, rigidez no processo de avaliação da escola na forma de "provões" bimestrais e na mesma hora em todas as turmas, etc. O pequeno exercício proposto por nós mostrou a força dessa estratégia para proporcionar as mudanças das salas de aula no que tange às estratégias utilizadas pelas professoras para avaliarem as produções de seus alunos, bem como as carências que permaneciam após a "instrução". Ao fazerem isso as professoras estavam desviando o foco da avaliação, sempre centrado na pessoa do aluno, uma prática alienada, conforme Villas Boas (1993 :402), para o desenvolvimento de seu próprio trabalho profissional que é o de possibilitar acesso ao conhecimento químico sistematizado.

Ao analisar a produção dos alunos, inicialmente nas provas, como um exercício de pesquisa, e depois nos próprios diálogos de aula, as professores começaram a perceber que o acesso ao conhecimento químico sistematizado, por

parte dos alunos, não estava acontecendo. Isto as surpreendia, muitas vezes. O que é bom! Pois é a surpresa, diante do inesperado, que vai desencadear a *reflexão na ação* e constituir o professor reflexivo, como vimos anteriormente. O relato de Ida ilustra bem essa situação:

> *Ida: (...) Em uma outra classe eu estava trabalhando reação química. Não sei porque reação química.... no segundo ano. Eles sabem toda a distribuição eletrônica, camada de orbitais... Mas chegou numa equação deste tipo aqui: H_2 + O_2 . Eles querem juntar essas duas moléculas e fazem H_2O_2, e têm dificuldade em aceitar a estrutura, mesmo sabendo que produz água. Eles querem juntar [as duas moléculas reagentes]!....*
>
> *Ângela: Mas, mesmo no terceiro ano, eles não aceitam a idéia de que é dada uma [substância] e possa produzir duas! Por exemplo, SO_3 produzir SO_2 e O_2. Para eles um gruda no outro! Para eles existe sempre a idéia de justaposição e não de interação! (...)*
>
> *Ida: a gente fala, mas para eles sempre fica a idéia: por que não é H_2O_2?*
>
> *Otavio: Quer dizer, vocês estão percebendo, tanto a Ida quanto a Ângela, que os alunos não estão captando uma idéia essencial em Química que é a da interação entre as partículas nas transformações químicas...*
>
> *Ângela: Eu acho que o problema está nos exemplos que a gente pega, como: C + O_2 produz CO_2. Será que eles já não vêm com isso lá das séries anteriores? Pois isso já aparecia na primeira série, no ano passado, quando trabalhamos a combustão. Será que essa idéia já não vem da 7ª série... nas aulas de Ciências?*
>
> *Otavio: Olha, essas coisas que vocês estão levantando, são muito estudadas na literatura já existente. É a reação química como justaposição! E os trabalhos feitos com os alunos de vocês, através da pesquisa das acadêmicas de Química, Ana Paula e Ana Maria[29], mostraram isso.*
>
> *Ida: **Eu não tinha analisado... Quando corrigia as avaliações, nunca tinha analisado como os alunos pensavam**... Só dava o certo ou o errado, mas nunca tinha imaginado esse [tipo de pensamento]... É lógico para eles que se há H_2 e O_2 de um lado, eles tem que juntar e só pode dar H_2O_2 nos produtos.*

Fica claro, nessas falas de Ida e Ângela, que as professoras conseguiram romper com a rotina de seu trabalho profissional através da *reflexão na ação* e da *reflexão sobre a ação*. Mas isto não as paralisou em suas ações de rotinas profissionais e nem lhes tomou tempo demasiado em seus múltiplos afazeres. É essa postura que se esperava que cada professora desenvolvesse, sem a preocupação de aprender técnicas sofisticadas de pesquisa ou posturas reflexivas contemplativas e imobilistas. Zeichner (1993), ao discorrer sobre essa tendência atual de formarmos

[29] Segundo a pesquisa realizada na escola, pelas acadêmicas, 44% dos alunos compreendem a Transformação Química como justaposição de substâncias (Testa & Fernandes, Caxambu, 1994)

professores como profissionais reflexivos, retoma o pensamento original de Dewey sobre a *ação reflexiva* e com base nele nos diz:

> **"a reflexão não consiste em um conjunto de passos ou procedimentos específicos que os professores devam seguir. É, antes, uma forma de enfrentar e responder aos problemas, uma maneira de ser como professor.(...) Constitui, ainda, um processo mais amplo que o processo de resolução lógica e racional de problemas"** (Zeichner, 1993 :46).

A análise das avaliações e, por extensão, as análises das próprias falas e ações dos alunos nas aulas, permite o desenvolvimento dessas posturas reflexivas dos professores, sem que isto sobrecarregue, mais ainda, os professores com novas tarefas. Zeichner adverte, ainda, que se o mundo atarefado da aula tornar impossível a reflexão dos professores, então o verdadeiro sentido da prática reflexiva está desvirtuado. As avaliações escolares são rotinas profissionais dos professores e analisá-las, sem que isto representasse uma grande sobrecarga de trabalho, foi uma das formas encontradas para desenvolver profissionalmente as professoras, mantendo o "equilíbrio [necessário] entre a rotina e a reflexão, entre o pensamento e a ação", sempre ressaltado no pensamento de Dewey e retomado por Zeichner no artigo citado.

O relato de Graça sobre a pesquisa realizada trouxe novos entendimentos ao grupo relativos ao trabalho pedagógico até então desenvolvido: **os alunos da segunda série do segundo grau permanecem no nível macroscópico em suas respostas enquanto a expectativa da professora era que eles utilizassem o nível microscópico para responder à seguinte questão formulada:**

> a)*Qual a diferença entre cobre metal e cobre solução?*
>
> *b)O que acontece com o ferro em contato com a solução de cobre? Justifique.*
>
> *c)Houve uma transformação química entre o ferro e o $CuSO_4(aq)$? Por que?*
>
> *Graça: (...) na hora de eles se expressarem, por exemplo, em relação ao experimento com o cobre e que fizemos em laboratório, perguntei: qual a diferença entre cobre em solução e cobre metal? Então assim, as respostas foram as mais variadas possíveis, fui anotando... Cobre em solução está no estado líquido e o cobre metal é sólido; cobre em solução muda de cor, faz ligação iônica e quando metal não; cobre em solução tem a aparência de bombril.... Olha só: cobre metal não aparenta nada; o cobre na solução vai entrar em reação química, conduzindo corrente elétrica, e o metal não estará em contato com $SO_4^{=}$; Você entendeu?... Eles respondem uma coisas...*
>
> *Otavio: Talvez ficou muito aberta a pergunta... -qual a diferença entre cobre metal e cobre solução- Você esperava que tipo de resposta deles como a mais ideal?*

Graça: Que ele colocasse que o cobre metal era o cobre neutro, sólido... e que o cobre em solução era o cobre que formava ligação iônica e era o íon cobre....
Otavio: E o ferro?
Graça: Depois eu perguntei do ferro. Era só isso, que eles soubessem a diferença...
Otavio: Quer dizer, ninguém falou, ninguém fez referência à perda de elétrons...
Graça: Do cobre metal para o cobre solução... Fizeram, alguns... Muito poucos...
Otavio: Quantos?
Graça: Acho que foram 6-7... Era isso que eu queria que eles respondessem. E quando dei o experimento, mostrei para eles e fui induzindo que eles vissem a diferença.
Otavio: Em termos de partículas, você teve quantos que responderam?
Graça: Ah, teve 5 cinco, entre 35 alunos.
Sara: posso ver as questões que você fez?...
Otavio: Você vê que eles ficaram, realmente, na descrição daquilo que eles viram...
Graça: (...) Olha aqui: um transmite corrente elétrica e outro não... Cobre em solução é uma ligação iônica e cobre metal é um cátion... (...) Metal está neutro e ao entrar em contato com a solução, reage com o líquido, ou seja se dissocia trocando seus elétrons.
Otavio: Esse [último] está falando em partículas...
Graça: Esse está de acordo... O cobre em solução é azul e o cobre metal é avermelhado...
Otavio: Esse ficou no macroscópico...
Graça: Então, no macroscópico. O cobre metal está no estado sólido, portanto, não conduz corrente elétrica..
Otavio: E a letra b?
Graça: É outra pergunta, é a do ferro. Eu perguntei: o que acontece com o ferro colocado em solução de cobre... Justifique! [As respostas foram]: O ferro ficou da cor de ferrugem e o líquido colocado muda de cor, de azul para amarelado... Então, eles ficam muito no nível macroscópico...
Otavio: Vejam bem, é no segundo ano. Continue...
Graça: ... sofreu uma transformação em cor porque foi colocado uma solução que reagiu de cobre a ferro; o ferro se oxidou... Eu não falei em oxidação!
Otavio: É que é muito usado no cotidiano. O ferro oxida...
Graça: Ele usa, ele fala, mas ele não sabe o que está falando... Outro: ele oxida, sua aparência fica diferente, sofrendo mudanças, fica parecendo velho e esfarela, e a solução fica amarelada; o ferro vai ficar amarelado porque perdeu suas propriedades... o ferro ficou com a cor amarelado porque houve una dissociação iônica; enferrujou porque houve uma reação química entre os elétrons.. ele dá os seus dois elétrons...
Otavio: Dessa questão, quantos teriam a idéia de que o ferro é um metal neutro, perdeu dois elétrons por átomo...
Graça: São os mesmos que entenderam a transformação do cobre.

Otavio: E você fez o resumo em termos do que aconteceu entre os dois metais? Fez essa pergunta, ou não?

Graça: Ah, sim! A solução de cobre produz corrente elétrica, justifique, entendeu? Como eu fiz na mesma aula, eu fiz essa do cobre com o ferro e fiz essa da condução elétrica da água com sal e do açúcar com água..., eu peguei a solução de cobre e fiz o teste da condutividade. Por isso aproveitei e fiz a pergunta...

Otavio: Mas, você não chegou a fazer a pergunta em que eles tinham que, ao mesmo tempo, dizer o que aconteceu com o ferro e com o cobre?

Graça: Acho que é a última pergunta... Vamos ver: houve uma transformação química na solução $CuSO_4(aq)$ com o ferro? Por que?

Otavio: Como é que foram as respostas?

Graça: Olha aqui, ó! Houve reação... este daqui... Interessante que as partes, houve muita gente que não conseguiu chegar aí, teve gente que, por exemplo, errou a a e a b e acertou a c, quando já está no conjunto! Sim, porque houve a transferência de elétrons....; sim porque ocorreu uma ligação iônica; sim porque o ferro ficou avermelhado e a solução azul fica mais clara e fica amarela e também ficou sujinha; porque suas propriedades foram alteradas chocarem-se com outro elemento químico; aconteceu porque ambos mudaram de cor;

Otavio: As respostas estão em nível de primeiro ano!

Graça: Só macroscópico! ... Continua: sim, porque compartilharam-se até ambos se estabilizarem; houve uma oxidação; a reação entre a solução e o ferro resultou em troca de elétrons; Sim, porque o ferro perdeu elétrons e se modificou. Se colocarmos água no lugar do $CuSO_4$, não acontecerá nada com o ferro; sim, no ferro puro com a solução foi coberto por uma leve camada de cobre, etc.

Otavio: Ficaram no nível mocroscópico... Agora, vamos ver, seriam os mesmos 5 mais ou menos?

Graça: Essa daqui, a porcentagem de acerto foi maior. [Não sei se são os mesmos 5].

Otavio: Então, numa próxima vez, para você realmente pesquisar o que os alunos pensam, você teria que fazer esse controle

Graça: Mas demora! Eu teria que dar 5 aulas por semana... Eu demorei 3 horas e meia para corrigir essa prova, uma classe...

Ot: É claro, para você a pesquisa não precisa fazer esse controle em todas as classes...

Sara: Não fica melhor assim a pergunta?... (apresenta a pergunta ao grupo)

Otavio: A Sara está fazendo uma proposta para você, Graça, para ver, se nesse caso, seria melhor o resultado. (...) [Ela propõe que eles expliquem em termos de partículas o que aconteceu com o cobre e com o ferro]. É uma forma diferente de fazer a pergunta... Você deu o macroscópico aqui, na descrição... Você não pediu que eles interpretassem em nível de partículas atômicas ou subatômicas. Tente mudar a questão e analise novamente as respostas deles... E daí você controla só de uma turma... não precisa fazer com todas elas. Esse levantamento dá uma

trabalheira danada... Você logo viu, Graça, eles ainda não pensam em termos microscópicos, [embora tenha sido a ênfase dada no programa do primeiro ano]. Eles, de fato, não incorporaram, ainda, a idéia do microscópico. Isto é o seguinte: é um conceito que tem que amadurecer durante muito tempo. A interação, temos que falar desde a primeira aula e vamos falar dela até a última aula do terceiro ano! Aqui ficou muito claro, 5-6 alunos de 35, já conseguem ver a idéia microscópica, os outros ficaram no macroscópico. Isso não deve ser motivo de desânimo! É normal que seja assim! É claro que preocupa um pouco, já estamos no final do primeiro bimestre do segundo ano, a idéia de interação já tem que surgir mais forte... Com a formulação da Sara ela corta um pouco o "barato" deles de descreverem apenas. Pois ela está dizendo o que aconteceu. Ela podia até dizer: o ferro, prego, ficou inicialmente escurecido e, a partir de um certo momento, aparece a cor de cobre.. (há uma discussão sobre a forma de aparecer o cobre, mais escuro, mais avermelhado). Aqui interessa o sistema do cobre que sai da solução e o ferro que entra na solução. Depois há novas reações... Enquanto há mais oxigênio disponível na água acaba, rapidamente, transformando o cobre depositado em óxidos escuros.

Sara: Quer copiar a questão?

Graça: Quero... Nem fiz provas ainda. Estou desnorteada. É tanta prova para corrigir, relatório, não sei o que... Tenho nove classes. É demais! Não é?

Otavio: Por isso, vocês vêem, que não é possível fazer esse controle em todas as classes...

Graça: Eu peguei essa pergunta e fiz o controle só dessa, mas em todas as classes, para saber como está o nível das diversas turmas.

Otavio: Mas de contar quantos acertaram, quantos responderam de tal maneira ou outra, faz isso de uma classe só; não é possível vocês fazerem, com detalhes, esse controle em todas as turmas.

Graça: Agora, a ligação eles aprenderam, muitas vezes não sabem porque mas eles fazem, a iônica. A ligação covalente estão aprendendo...

Otavio: Eles ainda não fizeram a relação disso com os elétrons envolvidos...

Graça: Não.

Otavio: Na hora em que você deu um fenômeno químico aquilo ficou separado da idéia de ligação química, não é isso?

Graça: É!

Otavio: Vamos ter de achar formas de juntar essas idéias, até que eles enxerguem que aquela ligação química são os elétrons aqui envolvidos, nos fenômenos químicos. Mas deixa eu observar o seguinte: logo que você deu a ligação química você deu, por um lado, alumínio e sulfato ou cálcio e sulfato. O cálcio estava na forma neutra (questão da prova), ou Ca, na forma de elemento... O sulfato já estava na forma de ânion, ou $SO_4^{=}$. Então, no caso, eu preciso lhe fazer a seguinte pergunta: você, fazendo uma análise crítica agora, você está fazendo mais uma avaliação se eles acertam a fórmula do que se eles pensam em termos de

transferência de elétrons, pois o sulfato já está com os elétrons, e o Ca ainda vai ter que perder para se tornar o cátion...

Graça: Não entendi! O sulfato, lembra, eles ainda não sabem. Quando falei sobre a formação do sal, você falou, aproveite e fale sobre a formação dos sais com ânions compostos também, como sulfatos, carbonatos...? Eu tenho que é necessário dar o ânion....

Otavio: Aí, nesse caso, a você interessava mais o acerto da fórmula. Não está errado! Você queria ver se ele enxerga que o cálcio é do grupo 2A, perde dois elétrons, forma cátion 2+ e liga com o sulfato. Só que esses elétrons caíram no vazio. O que talvez... o resultado que está acontecendo na outra questão, do ferro com sulfato de cobre, lá eles tem que enxergar que houve a transferência de elétrons, ou os elétrons que saíram do Fe foram para o Cu^{2+}. Aqui os elétrons vão ser despejados. Mas se você fizer a ligação entre o cálcio e o cloro, o cálcio vai perder elétrons e o cloro vai pegá-los e formar o cloreto, Cl^-.

Graça: Eu dei assim....

Otavio: Isto! Você vê que são dois níveis de perguntas. Numa delas era para ver se faziam a fórmula correta e no outro você estava preocupada em ver que os elétrons que cada Ca perde vão ser recebidos pelos dois átomos de Cl, um cada um. Ou, ainda, os elétrons do Fe vão ser recebidos pelo Cu^{2+}. Você tem que saber bem o que está julgando importante em cada questão. Quando der novamente isso não confundir os alunos quanto aos destinos desses elétrons. O aluno que realmente pensasse poderia dizer: mas professora, esse meu Ca vai ter que perder dois elétrons, o sulfato já está dois negativos... Ele poderia ser enganado e pensar que poderia ficar 4-. Percebeu?

Graça: Entendi!

Otavio: Você viu que foi um outro nível de pergunta. É importante perceber bem o que está propondo para avaliar melhor: é só a fórmula correta ou se você quer que realmente entenda a ligação química, no caso a ligação iônica.

Graça: Eu quero que ele entenda; a fórmula correta é uma decorrência....

Otavio: Mas nesse caso você pediu só a fórmula.

Graça: Neste caso sim.

Ângela: Como é que ensina o aluno, se ele conhece isso com cátion e isso como ânion... para depois ele montar a fórmula.

Graça: Eu dei para eles o ânion, e o cátion eles sabem trabalhar pela tabela. Ou eles fazem pela distribuição eletrônica em camadas ou pela posição na tabela.

Otavio: Nesse caso ela não estava interessado para onde iam os elétrons do Mg ou do Ca. Mas se o aluno dissesse: o Mg precisa perder dois elétrons e os desse ao Sulfato, ele não iria acertar a fórmula, ia ficar com 4-, e cada vez que pegasse outro átomo ia sempre ter carga mais negativa que não teria como neutralizar. Por isso tem que cuidar muito a pergunta.

Graça: É, ele entendeu bem, ele até que entendeu a transferência, sabe por que? Eles fizeram tudo, não fizeram por formulinhas, cruzando cargas, não ensinei isso.

Eu falava, quantas cargas negativas? o Magnésio tem duas positivas, o PO_4^{3-}, tem 3 negativas... (aí eles balanceavam essas cargas). Aí montavam a fórmula e entra uma questão de convenção: não vai colocar o número 3 na frente do Mg^{2+}, mas após... $Mg_3(PO_4)_2$. A maior parte deles faz o desenho ou coloca todos os Mg^{2+}, soma as cargas, vê quantos PO_4^{3-} são necessários... Mas tem aluno que já superou essa fase dos desenhinhos...

Otavio: Eu só quero que você distinga bem as duas coisas... Quando trabalha com esses ânions compostos, trabalha também já com os cátions e não com os elementos.

Graça: Já entendi... E quando trabalha com os outros elementos trabalha sem as cargas... Olha, eu demorei umas três horas para preparar essa prova, demorei três horas e meia para corrigir ...

Otavio: Em relação aos outros anos, como é que você vê uma prova como essa?

Graça: Como assim?...

Otavio: Nos anos anteriores, como é que preparava as suas provas, que preocupações novas passou a ter...

Graça: Olha, nesse ano tudo o que trabalhei, inclusive muitas coisas que trabalhei na sala de aula, comentário e tal, acabei pedindo a eles porque eu queria que eles tivessem entendido, ver o nível de entendimento deles. A parte de laboratório e tudo. Então eu olhei, pesquisei, fiz as questões, fazia e pensava: não, assim ele não vai entender! [Tudo isso envolve muito trabalho].

A análise de uma questão de "prova" permitiu essa interação no grupo e, com isso, novos níveis de entendimento. A própria questão, *formulação dos compostos iônicos de metais dos subgrupos 1A e 2A com oxiânions*, já fora proposta por Graça para ver o entendimento dos alunos sobre a seguinte situação: *na interação de espécies químicas pode haver a transferência de elétrons e a formação de compostos novos*. Graça não estava mais interessada, como acontecia em anos anteriores, que os alunos acertassem a fórmula de um composto iônico entre dois íons propostos. O interesse estava voltado para a interação possível entre duas estruturas com a transferência de elétrons de uma para outra! Mas, na reflexão coletiva sobre as questões que propôs, ela se dá conta que alguns alunos haviam atribuído carga (4-) para o sulfato porque essa estrutura teria que "receber" os dois elétrons que o átomo de cálcio (Ca) teria de "perder" e formar o cátion (2+), porque pertencente ao subgrupo 2A da tabela periódica. Pensando desta forma, vários alunos fizeram uma fórmula que não correspondia ao sulfato de cálcio ($CaSO_4$), embora tenham tido um excelente entendimento da matéria, talvez melhor do que aqueles que a acertaram. Perceber isso só foi possível através da interação no grupo de pesquisa, como se pôde ver nas falas da Graça, embora houvesse por parte dela a preocupação com o

entendimento dos alunos sobre o que acontece na interação entre espécies químicas, mais do que acertar as fórmulas químicas na forma tradicional. A reflexão em grupo, mediada pelas novas concepções sobre o ensino/aprendizagem inicial em química, permitiu esse avanço na compreensão do que se passa na mente dos alunos.

Otavio: Vamos olhar o que a Ângela tem para nos mostrar relativo ao sistema NO_2/N_2O_4. [Ela ficara de retomar a aula, devido a dificuldades que os alunos tiveram e passar o filme que se propunha a ensinar o conceito [de equilíbrio químico] de forma melhor].

Ângela: Não teve grandes progressos não. Mesmo discutindo, voltando, dando os exemplos...

Otavio: Quer dizer, eles ainda mantiveram a idéia...

Ângela: Eles não conseguem entender o equilíbrio como uma coisa dinâmica, como uma coisa que vai e volta...

Otavio: Mesmo depois do filme?

Ângela: Então, com o filme... Eu pedi, numa das questões da prova, para eles darem um exemplo químico, de alguma coisa que tivesse ficado bem nítido para eles, de equilíbrio... A maioria das respostas são as do aquário. Do peixinho, peixinho prá lá... não sei o que. De químico nada...

Otavio: Na hora da química não aconteceu...

Ângela: Poucos falam de gás, daquele do bromo e um ou outro fala do sistema do iodo radioativo.

Otavio: A maioria ficou mesmo foi nos peixinhos...

Ângela: No aquário!

Otavio: Quer dizer, eles ficaram na analogia e não passaram isso para sistemas químicos.

Graça: Vê Sara, tudo igual. Ou nós estamos ruins demais ou...

Otavio: Não... O que mostra isso? Que o sistema de ensino é pretensioso [pois pensamos que os alunos aprendem porque enxergam algo ou porque dissemos que é assim]. Vejam os alunos da Ângela, quando ela solicitou que citassem uma situação química de equilíbrio...

Ângela: Eu falei de uma maneira geral. Como dei a aula pelo vídeo, eu pensei que alguns fossem relacionar aquilo lá com os sistemas químicos do tipo $2NO_2/N_2O_4$...

Otavio: A maioria ficou nos peixinhos... Vamos tentar refletir sobre isso. O filme, para mim, para a Sara, para a Ida, para a Graça e para a Ângela, com certeza, é bom. (...) Agora, o aluno ficou na analogia, continuou na história dos peixinhos, peixinho vai, peixinho volta... O que cria um problema [adicional se quero explicar os sistemas químicos], porque é o mesmo peixinho que vai e volta... E nós, na química, mudamos a substância: NO_2, à medida que deixa de existir em parte, forma N_2O_4... Seria um novo peixinho...

Ângela: É outro peixe... É complicado!

Otavio: É complicada a analogia. Tanto assim que eles ficaram nela. Então mostra que essa analogia funciona bem quando a gente já sabe... Você disse, Graça, funciona quando já se sabe. Para o aluno ainda não é um grande auxiliar falar disso ou passar o filme. Ou seja, a dificuldade de ele enxergar, microscopicamente num sistema químico, continua.... porque, quando ela fez a pergunta do sistema NO_2/N_2O_4, eles tiveram, como você disse, dificuldade em enxergar, que num mesmo recipiente pudessem coexistir as duas formas, as duas substâncias. Outra dificuldade [produzida pelo filme]: aquele estrangulamento entre os dois balões do aquário é quase como se passassem de um recipiente para outro. O nosso é um recipiente só! A analogia, então, não é boa para ensinar. Isso gera a confusão! Eu diria, tranqüilamente, que isso não vai formar a idéia de que precisamos para entendermos o equilíbrio químico. Se aprofundarmos a reflexão, já na linha da epistemologia, aprendizagem não acontece porque a gente enxerga, vê... Ela pode ajudar se a gente consegue argumentar... Lembrem daquela frase final do texto sobre a Epistemologia? "Quando a gente deixar de pensar de que a Ciência só é experimentação, é o concreto... e começar a pensar que a Ciência, a Física, a Química... também se faz com argumentação..."! (...) [São necessárias a argumentação, a discussão (...) para a gente formar, realmente, conhecimento. Vejamos o exemplo relatado por Graça, aquele do sistema $Fe/CuSO_4$. Ficou claro, novamente, que os alunos enxergaram, e a Graça, com certeza, explicou que houve transferência de elétrons, que o cobre estava na forma de íon 2+, ganhou 2 elétrons e por isso ficou cobre metal e que esses dois elétrons vieram do ferro, que o sulfato não sofreu mudança, que o ferro tem mais tendência em ceder os elétrons... E o que aconteceu? De 35 alunos, 5 conseguiram responder isso. Os outros ficaram, novamente, só no descritivo, a observação direta... Ou seja, mesmo essa argumentação feita pela Graça ainda não foi suficiente. Quer dizer, terá que fazer com mais metais, com mais pares... Eu faço com 6 pares... São seis copinhos... Inclusive, faço um em que uso cobre metal e cobre solução e outro, muito bonita, entre nitrato de prata e cobre metal... Aí é o contrário, a solução é que vai ficar azul, isto dá um impacto interessante e tal. Aí eles descrevem os 6 sistemas, usam a linguagem química... Toda a argumentação se dá, então, na tendência maior ou menor em passar para a solução ou em ceder os seus elétrons... E eu diria que 80% começa a perceber mais... Mas, com certeza, uma experiência e pouca discussão não leva a muita coisa. Uma experiência e muita discussão, muita discussão mesmo, pode melhorar bastante [o entendimento]. Agora, se tem várias experiências, e muitas discussões, aí o nível de conhecimento cresce, principalmente, experiências que às vezes são diferentes, põem a contradição... Aqui, no caso, o diferente é a solução ficar azul, indicando o cobre entrando na solução, quando nos outros casos sempre saia... Ou então em que o zinco é solução e o cobre é metal e não ocorre nada... Aí também funciona bem! O aluno diz: aí não ocorreu nada... Mas por que?...ele quer saber! São os contra-exemplos, não exemplos...

Graça: Ah, Maldaner, seria bom se a gente pudesse ficar aí... Chega um momento em que você fica no dilema: vale mais aprender um conteúdo e bem aprendido?... Mas, e o programa?... Eu estou apavorada com os segundos anos, dei super devagar, vou ter que voltar, fazer um comentário dessas provas, voltar tudo de novo, fazer...

Ângela: Precisa o tempo todo para retomar...

São as reflexões sobre os resultados da aprendizagem, como a reflexão e a pesquisa sobre questões de prova, que podem levar a mudanças pedagógicas, bem como à mudança da concepção epistemológica sobre o melhor programa a ser desenvolvido para que a aprendizagem ocorra. Há a pressão por desenvolver um programa pesado, cheio de itens, sem um cerne de conteúdos realmente válidos para que o conhecimento se constitua nos alunos. E há a necessidade sentida, pela pesquisa, na forma da reflexão coletiva, na investigação sobre as aprendizagens dos alunos, para que se volte, continuamente, se retome a matéria, se reformulem os conceitos não constituídos de acordo. Os programas tradicionais não conseguem responder a isso! Por isso a necessidade de produção de programas novos.

Por outro lado, há situações que exigem que se reafirmem as linhas de ação decididas no grupo, pois os professores também estão em fase de reconstituição de suas crenças e concepções. O professor pode estar se equivocando, pensar que está realizando um trabalho novo, quando, na realidade, ainda mantém as mesmas formas tradicionais de "cobrar" conteúdos memorizados pelos alunos, ao invés de explorar o pensamento químico deles sobre alguma situação dada em prova. O relato de Ida, sobre a questão de prova que ela analisou mostra essa ocorrência:

Ida: Eu queria comentar uma das questões que dei para os meus alunos; comentar os resultados, de acordo com o que você tinha solicitado.... Na minha avaliação eu coloquei os reagentes e pedi que eles colocassem os produtos, os possíveis produtos... (apresentou uma série de combustíveis que reagiriam com $O_2(g)$). Acertou quem sabia que C + O_2 produz CO_2, em geral, acertou todas. Mas aquele que não acertou a primeira [C + O_2], errou tudo.

Otavio: Que ano, Ida?

Ida: Primeiro.

Ida: Eu não sei, se quem acertou tinha decorado, ou não, ou se aprendeu. Representavam tudo corretamente, [acertavam os produtos que eram CO_2 e H_2O], sem, ainda, colocar os coeficientes. Mas aqueles que não fizeram a primeira, não fizeram nada correto, não têm nem a idéia... Fazia HC, assim junto, muitos fizeram

exatamente, juntaram tudo, de uma forma que houvesse alguma coisa do outro lado...

Otavio: Como é que você fez em aula? Chegou a fazer as práticas como nós combinamos, ou não...

Ida: As práticas...

Otavio: Essa da combustão, para investigar os reagentes e produtos, quantidades...

Ida: Fiz 90%... A da vela eu fiz uma questão, uma tampada outra não, o acerto era de 80-85%! Mas na hora de representar, mesmo aqueles que acertavam a primeira, juntavam tudo do outro lado da equação ou então acertavam tudo...

Otavio: Ou entendeu a combustão ou nada... Entendeu como formação de óxidos [quando as combustões são completas, conforme o modelo discutido], ou não entendeu nada. É isso?

Ida: Mas, a [equação química de combustão] da vela acertaram...

Otavio: Porque você fez a investigação dos produtos, fez a prática...

Ida: Mas duas turmas não fizeram a prática, nós só falamos, e acertaram da mesma forma...

Otavio: Não deu nenhuma diferença...

Ida: Em primeiro lugar eu tinha feito com o álcool, a gente tinha discutido em sala de aula e muitos pegaram daí. Eu tinha feito, acho que comentei, dois recipientes com álcool, um coberto com frasco maior e outro menor... Então muitos colocaram certo para a vela. Mas em termos de representação dos produtos... ou em termos de representar ou acertou todas [as equações], ou nenhuma...

Otavio: Eu chamo atenção! O projeto não visa a que os alunos decorem representações, por equação química, as reações realizadas. ***Eu não faria essa pergunta que você fez****. A pergunta que eu sugiro para essa situação vai em sentido contrário... Eu daria os produtos formados em uma certa combustão e pediria que me dessem os elementos que devem estar presentes nos reagentes, justificando. Não interessa para mim que eles escrevam as fórmulas, CO_2, H_2O ou outros óxidos.*

Ida: Mas na minha prova eu tinha gás carbônico, as fórmulas do laboratório que nós usamos, estavam representados. Muitos não notaram que aquelas representações eram da aula de laboratório... Eles perguntavam: o que eu tenho que fazer com esses dados?...

Otavio: Certo! Eu volto a insistir: não é assim que eu penso. Não estou dizendo que você fez errado. Não é assim que eu penso... Eu penso que não é importante o aluno representar, nessa fase, a equação de combustão, a não ser, perceber a conservação dos elementos. Não é importante! Tanto faz quem acertou ou errou, não é importante, só isso que quero dizer. Temos que rediscutir, então, qual é o significado desse projeto, que começa, realmente, pela transformação química, em cima da equação da combustão. O importante não é o aluno representar CO_2, H_2O, SO_2, ou outros óxidos, [como produtos formados na combustão]. Não é importante fazer igual ao o que já fez em aula. O que imagino, é ele perceber, nas equações químicas, que os símbolos, os elementos, que estão nos reagentes, têm que estar

nos produtos ou, se aparecem nos produtos tinham que ter estado nos reagentes. E que cada substância nova envolvida tem uma representação química e que não muda... Dessa forma não vão aprender apenas a equação de combustão. Eu penso o seguinte: é expectativa que o aluno aprenda a escrever a equação de combustão. É expectativa, mas não é o núcleo central. A gente está usando a equação de combustão para ensinar para os alunos que um tipo de reação química, é uma interação do elemento oxigênio com outros elementos formando então substâncias novas e que formam um grupo de substâncias chamado ***óxidos****. Essa é a idéia! E a gente quer ensinar o que? Não a equação de combustão, mas que sempre que houver o elemento H nos reagentes, um dos produtos é água, H_2O, e que sempre que tiver o elemento C, um dos produtos é CO_2. Se houver outros elementos, como S, deve haver outros compostos com ele, dióxido de enxofre, por exemplo.*

Ida: Esse tipo de questão (dada na prova dela), não leva a isso...

Otavio: Essa seqüência de questões que você fez é uma decoreba de equação de combustão. Isso não interessa, na minha forma de ver. Vai ser um produto normal... o que interessa realmente não é isso, não é o espírito da coisa. Isso vocês fizeram no ano passado e não deu resultado. Vocês pegaram a combustão, fizeram práticas relacionadas com ela, ela foi representada, os alunos a repetiram, mas não aprenderam o que é reação química: a interação entre as substâncias e os elementos. Nós queremos superar este impasse... Então, a gente usa, para salvar o programa de vocês, a mesma idéia da combustão como reação química. Vamos começar pela combustão, temos aí uma equação química representativa, importante... Mas o objetivo da aprendizagem não é o de aprender a equação química de combustão. Se tiver H nos reagentes, então um dos produtos será H_2O, se tiver C, um dos produtos será CO_2, se tiver outros elementos, haverá a formação de um composto deste elemento com oxigênio. Se tenho só C, não posso ter H_2O... Pode-se também dar uma equação química completa, com reagentes e produtos que ele nunca viu, solicitar que ele analise para ver se pode existir ou não, com a química que aprendeu até aqui. Ele poderá analisar apenas pela conservação dos elementos, ou seja, ver se os elementos de um lado aparecem no outro e não outros elementos. Justificar [sua resposta só por esse ângulo]. Isso é o contrário da decoreba... Dar as duas situações em que é possível e em que não é possível a presença de determinada substância em uma equação química, olhando apenas a presença do elemento. Não interessa, ainda, quantas vezes esse elemento apareça, apenas a presença dele ou não... Um aluno que consegue fazer uma tal análise é o aluno mais interessante, já consegue olhar alguns detalhes que passarão a ser importantes no aprendizado de química. É eles perceberem que uma determinada equação química dada não pode estar representando uma reação química, justificando pela ausência ou presença de algum elemento (símbolo). Isso tem uma grande importância, vale muito mais do que ele escrever corretamente a equação química de combustão, nessa fase do estudo dele. Ele também pode dizer: é possível, mas deve ter mais coisas no produto (isto no caso de a gente deixar de representar algum elemento

entre os produtos), deve ter outros produtos porque tal elemento ainda não aparece... O aluno vai se sentir bem porque ele está criando respostas; as respostas dele não são as mesmas dos colegas; tem chance de dar uma boa resposta, vai saber escrever, sente que sabe alguma coisa. Ele está analisando a sua equação. É importante que ele forme essa primeira idéia de conservação: a conservação dos elementos na reação química... Ele já pode fazer a crítica da proposta do Flamel (personagem de novela da época) de querer fazer ouro Au(s), partindo dos ossos... Por que ele não pode fazer ouro? A não ser que na composição dos ossos tenha a presença abundante de ouro, o elemento ouro ou Au. Podia fazer essa pergunta aos alunos... O aluno podia responder que não sabe a fórmula química dos ossos, mas ouro não deve ter... A idéia da transmutação está no subconsciente da humanidade e que a Química moderna explica. Pessoas que não tiveram química têm, muitas vezes essa idéia, era um ideal dos alquimistas que expressava o desejo das pessoas de transformar uma matéria em ouro e nós sabemos que isso só é possível se acontecesse a transmutação ou a transformação de um elemento em outro... Isso já não é mais da alçada da química. Na química, nas transformações químicas, os elementos são conservados. Os alunos de vocês enxergam ferrugem onde não tem ferro. Ou seja, pensam a transmutação... Se você mergulhar zinco Zn(s) em solução de sulfato de cobre e perguntar aos alunos o que aconteceu, eles dirão: enferrujou! Vamos então pensar a palavra ferrugem, ferro... Lembrem que a nossa força está no uso das palavras com algum significado... Tem ferro (Fe) nos reagentes? Pode produzir ferrugem? Eles logo verão, pelo uso da equação química, que isso não é possível... A palavra ferrugem tem que ser introduzida, é uma oxidação especial, de oxigênio com ferro, na presença de umidade. Mostrar, devagarinho, que os símbolos que estão nos reagentes podem estar nos produtos e que deve haver tantos produtos, no mínimo, até que todos os símbolos ou elementos estejam contemplados. Há n possibilidades de questões inteligentes onde os alunos vão dizer: puxa, eu estou aprendendo química... Ele mesmo vai ficar admirado e este é o primeiro passo para puxar para o teu lado aquele monte de gente que quer aprender mas pensa que não precisa fazer força, e, assim, comecem a estudar química... Ele está aprendendo. Portanto, jamais favorecer a decoreba, que isso não leva a nada!

É muito difícil reverter essa idéia da ênfase nos conteúdos da matéria organizados em seqüência linear e segundo uma lógica de quem conhece a matéria. Ida manifesta isso em outra ocasião ao relatar uma aula ao grupo em que pretendia ensinar, aos alunos da 1ª série, a diferença entre *fenômeno físico e fenômeno químico.* Através de exemplos ela queria que os alunos distinguissem essas duas categorias de fenômenos. Sabemos que o assunto é polêmico, na verdade de grande abstração e difícil entendimento, mas aparece, geralmente, nos primeiros itens dos programas de ensino tradicional de química. Ele apareceu diversas vezes em nosso grupo de estudos

e pesquisa e marca algumas características e crenças das professoras sobre o que é a química, aprendizagem em química e um programa de ensino. O que parece ser um simples relato de uma aula mostra ser um material rico para a reflexão das professoras sobre suas próprias crenças e de como é difícil abalá-las. A transcrição é relativamente longa mas ela ilustra bem uma situação que é muito freqüente entre os professores de química, constituindo uma certa "cultura tácita" sobre um programa inicial de ensino de química. Fica fácil, para quem conhece a ciência física e química, especular sobre o que seria um fenômeno físico e um fenômeno químico, pelos instrumentos teóricos que domina. Para iniciantes nessas ciências isso é muito complicado, além de inócuo, pois estes não podem classificar os fenômenos em físicos ou químicos quando falamos de uma situação real que envolve alguma transformação na matéria. Não há um critério que permita classificar esses fenômenos como sendo ou físicos ou químicos porque eles se entrelaçam (Lopes, 1995). Somente através "objetos teóricos", de domínio dos já iniciados em química, é possível uma problematização e uma tentativa de classificação. No entanto, toda a formação ambiental dos professores, sem que tenha havido uma discussão sobre a natureza do conhecimento químico e a forma de acesso a ele, faz com que esse assunto apareça nos primeiros itens de conteúdo dos programas de ensino de química. O episódio, narrado a seguir, dá-se em uma das reuniões em que os professores estavam relatando suas aulas ao grupo para fazermos sobre elas uma reflexão coletiva. Somente essa problematização do programa em curso poderia levar à produção de algo novo em termos de currículo em química. O relato de uma ação em sala de aula, assim como a análise de questões de prova, presta-se muito bem para esse objetivo

Otavio: Bom! Quem começa?

Ida: Posso? .. Em primeiro lugar eu, nas minhas aulas, o que eu comecei, o tema era as transformações químicas... Primeiro eu perguntava sobre a palavra transformação, o que eles entendiam, coloquei na lousa, pedia exemplos e, através dos exemplos, eu fui trabalhando o que eu queria. Alguns foram de aspectos mais físicos e outros de aspectos mais químicos. Realmente, eles tentam levar as coisas ou os assuntos para algumas coisas de ciências que eles tenham aprendido [no 1º grau]. Vários exemplos foram de mudanças de estado, todas as mudanças de estado, misturas homogêneas e heterogêneas, talvez assuntos que já tenham visto [na escolaridade anterior]. Então trabalhei também com isso... Isto em 40 min, para trabalhar alguns exemplos, são insuficientes. A classe fica bem ordenada, dando os exemplos e eu tentando explicar. Depois eu comecei... primeiro tentei separar os exemplos que eu queria trabalhar como físicos, apesar de trabalhar com [assunto] de transformação química...

Otavio: Pode separar. Não tem problema. O problema é que a compreensão deles só vai acontecer mais adiante. É só ter clareza disso...

Graça: A gente pode falar que um processo físico não é só físico, ele pode ser, também, químico... O exemplo que eu dei, como chama aquele comprido efervescente?... Ele sofre fusão em água...

Ângela: dissolução...

Graça: Dissolve, é. E aí tem liberação de gás, não tem? Isso é uma transformação química. É uma reação... E eles insistem em dizer que a transformação é física! Que a [dissolução] é física!

Otavio: Primeiro ano? Onde é que eles "aprenderam"?

Graça: na oitava série...

Otavio: Eles insistem que é apenas uma dissolução ou que é apenas um fenômeno físico porque é uma dissolução?...

Ida: Esse é um dos exemplos que eu usei. Separei mudança de cor, liberação de gás, liberação de energia e precipitados. São esses que a gente vai abordar lá na aula prática[30]

Ângela: são os fatores que evidenciam...

Ida: Evidenciam, [uma reação química] e são fáceis de perceber... Quando do comprimido efervescente [eu perguntava]: onde está este gás? Outro exemplo: do refrigerante. Eles colocam que libera gás (...) Quando eles abrem sabem que o gás que está dentro vai sendo liberado.

Otavio: Eles, então, classificam como este caso?

Ida: Como fenômeno físico... Libera gás! Por que era físico? Porque o gás está lá dentro. Ele simplesmente foi liberado.

Graça: É físico?

Ida: Não é físico?

Otavio: Como ele está lá dentro do refrigerante? Esta é uma questão interessante para refletirmos...

Ida: Ele está lá dissolvido, sob uma certa pressão, mas está dissolvido lá dentro.

Otavio: Como seria essa dissolução do gás carbônico?

Ida: Há aí uma questão de equilíbrio... De equilíbrio químico.

Otavio: e físico...

Ida: E físico. Tem uma questão de equilíbrio, dissolução... mas há também uma questão de ácido...

Otavio: Vamos escrever esse fenômeno usando a linguagem química:

$$CO_2(g) + H_2O(l) \Leftrightarrow H_2CO_3(aq)$$

$$H_2CO_3(aq) \Leftrightarrow H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

$$HCO_3^-(aq) \Leftrightarrow H^+ + CO_3^{=}(aq)$$

[30] Dentro do programa que elas executavam antes da produção do novo programa: fatores que evidenciam uma reação química.

Tudo aqui é equilíbrio! Veja, quantos fenômenos químicos estão envolvidos. Não tem como ensinar isso para o aluno iniciante. O mesmo vale para inúmeras dissoluções, como HCl em água...

Ida: Você achou inconveniente esse exemplo, então? Da liberação de um gás... Ele está dissolvido, acho que existe uma série de conceitos mais profundos dentro...

Otavio: Quando é que eles vão entender bem esse exemplo? Por que, ao abrir (o refrigerante) sai o $CO_2(g)$? Vamos tentar só entender isso! Na verdade ele está nas diversas formas... Na hora de abrir mexe na concentração de CO_2, diminuindo a pressão, ... há uma série de deslocamentos de equilíbrios... (conforme equações). O problema é que os seus alunos decoram que a dissolução é um fenômeno físico sem entender os casos como esse e outros.

Ida: Nesse caso, você acha que não é um bom exemplo...

Otavio: Todas as dissoluções não podem ser pensadas separadamente das interações. E o que são essas interações? São interações em nível das partículas. E como é nesse nível não tem como você dizer que é apenas um fenômeno físico (...) Agora, se o aluno perguntasse: fervo a água produzo gás. Aí você diria prá ele que é um fenômeno?

Ida: físico.

Otavio: Físico. Por que diria para ele que é um fenômeno físico?

Ida: Com relação a ferver água?

Otavio: Produz um gás... Uma das formas de evidenciar uma reação química, você disse, é desprendimento de um gás... Ou seja, o desprendimento de gás pode ser também físico!

Ida: pode!

Otavio: Como você faz para o aluno perceber que esse é um fenômeno físico? Embora também haja ruptura de interações?...

Ida: O que eu coloquei para eles... agora...

Otavio: Conta como é que colocou para eles.

Ida: A partir do momento em que eles..., eu sempre busco a resposta que eles me trazem, né... Então, quando eu falo assim: dentro do guaraná o que você tinha? Tinha um guaraná e quando abriu liberou um gás. Eu já tinha os dois [guaraná e o gás] presente naquele momento. Não houve a formação de nada novo. Por isso vai ser físico. Se eu tenho, no caso do comprimido, a formação de um material que eu não tinha... eles não citam que no comprimido ou na água eles podem ter o oxigênio (sic) dissolvido. Há a produção de alguma coisa que eles não [tinham antes].

Otavio: Eles sabem qual o gás que tem no refrigerante?

Graça: Não, não sabem. Os meus não sabem.

Otavio: Vamos refletir um pouco... O que é mais importante para o aprendizado químico dos nossos alunos nessa fase: saber se o fenômeno é físico ou químico ou saber qual é o gás que está saindo [ao abrir o refrigerante]? Não só saber, mas criar uma situação que mostre que esse gás poderia ser... O que vocês acham?

Ida: Nessa fase assim... o objetivo que eu tinha era o de mostrar o que seria uma transformação química...

Otavio: Então, em nome deste objetivo você acha que é mais importante eles saberem que este gás já estava presente...

Ida: É, e o outro foi formado....

Otavio: Então deixa eu fazer uma pergunta para vocês. Isto é questionável... Teremos oportunidade de aprofundar isso. O que é mais importante nessa fase do aprendizado: salvar essa idéia do programa, [o das evidências de uma reação química, distinção entre fenômenos físicos e químicos] ou, então, tentar mudar realmente o programa?... É questionável se o programa teria de ser assim.... A minha dúvida é a seguinte: como é que se explica o desprendimento do gás carbônico na dissolução do comprimido efervescente, e que é o mesmo que se desprende ao abrir o refrigerante?... Ele está em que forma no comprimido?... Não são carbonatos e bicarbonatos? E como está esse mesmo gás no refrigerante? Vejam que temos carbonatos igualmente [ao menos parcialmente]! Ou seja: ele está na mesma forma nos dois casos. Portanto ele não está presente na forma de $CO_2(g)$ (a não ser a parte livre no gargalo). Ou grande parte dele não! Portanto, é uma reação química, pelo próprio argumento teu, Ida. O que eu quero dizer que há um esforço desnecessário [em distinguir esses fenômenos], porque a compreensão vai acontecer somente muito mais tarde... No estudo de equilíbrio, por exemplo, eles vão entender o que acontece quando se abre um refrigerante. A Sara está dando equilíbrios e pode usar esse exemplo do refrigerante. Ela pode dizer que há gás carbônico sob pressão, aliviando a pressão desloca o equilíbrio a favor do maior volume... Há também a lei de dissolução de gases que diz que diminuindo a pressão também diminui a solubilidade... Mas quando diminui aqui (equações químicas) há deslocamentos sucessivos... Eles têm realmente condições, agora [no 2^{o} ou 3^{o} ano], de entender isso. Digamos que você pega o melhor aluno que foi teu no primeiro ano e agora está no terceiro. Digamos que você, uma professora de personalidade forte, e ensinou no primeiro ano que no refrigerante estava o $CO_{2(g)}$ apenas dissolvido. Chega agora a Sara no terceiro ano e diz que o CO_2 está também na forma de carbonato, bicarbonato, ácido carbônico... O que se passa na cabeça daquele aluno? "Não, mas a Ida, no primeiro ano, explicou que não havia reação química no caso porque o CO_2 estava apenas dissolvido"... Aí vai ter o dobro de trabalho para desfazer toda uma rede de conceitos que a pessoa formou e que agora não fecha... Isso não prejudica, mas cria problema para o aluno que realmente raciocina (...) Eu pegaria este caso dos alunos de vocês que disseram que a dissolução é um fenômeno físico e problematizaria. (...) Não dar respostas definitivas porque nós temos de problematizar, não enquadrar, não fechar tudo certinho,... É até defensável... mas isso não vai desenvolver a inteligência no aluno. Lembrem que muito mais importante do que colocar informações na cabeça deles, é fazer com que a cabeça deles esteja realmente fazendo ligações de fenômenos, problematizando... Eu penso que dá para mudar o objetivo dessa mesma aula. Em vez de fechar, abrir! Principalmente pelo

que os alunos dela falaram: não aceitaram que a efervescência do comprimido efervescente fosse uma reação química, uma vez que era dissolução. Aí você poderia falar assim: pois é, de fato... Como é que está esse comprimido? Vamos ver o que está escrito. Aí vão ver: carbonato, bicarbonato, mais um ácido orgânico... Veja que há muita química no comprimido efervescente... Não é uma coisa simples. Então, você não tem como fechar. Vamos abrir, permitir mentes abertas... Quando vai chegar lá nas reações de ácidos e carbonatos, reações-chave para o GEPEQ, por exemplo, na discussão da chuva-ácida... Quando chegar nessas reações é que eles vão compreender o que se passa na dissolução dos comprimidos efervescentes. Então, não é proibido você levar e levantar essa questão, deve levar, deve mostrar... Mas, será que é apenas uma dissolução, será que não tem outras coisas? Se tiver outras coisas elas são mais profundas... Quer dizer: problematizar e não fechar. Esse aluno estará apto a realmente aprender química. Será que não poderia ser por aí? O que você acha Ida? ... Você estaria abrindo, os alunos não saberão responder certinho o que é um fenômeno físico ou químico mas saberiam pensar sobre os fenômenos de transformação em geral. Eles levantarão problemas! (...) É abrir, essa a idéia, e não fechar! Ah, no começo os alunos vão reclamar. Sabem por que? Porque eles estão acostumados assim.

Ida: mas não são só eles. A gente também! (todos concordam) (...) Eu não consigo tentar iniciar o estudo sem esta distinção...

Otavio: é que na sua cabeça está esquematizado assim!

Ida: Está esquematizado assim e, mesmo, quando não fazemos exatamente esse programa, era o que eu achava muito importante... Então eles vão colocando, eu não separei tão... mas, se houver a formação de alguma coisa diferente...

Otavio: Diferente como?

Ida: Ah!!!.. que eles não conseguiram distinguir. Eu consigo distinguir esse processo aqui...

Otavio: porque nós conhecemos

Ida: Porque nós conhecemos... Daqui a pouco, você diz, ele vai distinguir também...

Otavio: Isto é importante! Qual o primeiro nível de aprendizagem? É achar semelhanças ou achar diferenças? Do que vocês lembram da Psicologia?... O que é mais fácil para uma criança? Ver o diferente ou ver o semelhante?

Graça: Primeiro é ver o diferente, né?

Otavio: a criança distingue mais o vegetal do animal ou entre dois vegetais diferentes?

Graça: Vegetal e animal, porque são mais diferentes...

Otavio: quanto mais diferente, mais se distingue e quanto mais parecido fica muito mais difícil. Então, é muito mais difícil você achar semelhanças. É muito fácil achar diferenças. O teu aluno está numa fase de ver diferenças. Ele não consegue achar semelhanças... Ele não consegue enxergar que este é fenômeno químico e o outro também é fenômeno químico porque eles são semelhantes nisso... Você fala: cria uma coisa nova. Mas essa coisa nova seria o que? Seria a nível de fenômeno ou a

nível de essência? Para o aluno, como ele enxerga o novo? Antes tinha sal e água e agora tem água salgada... Esse seria o novo?

Ida: O aluno diria: antes havia sal e água e agora continua ter sal e água.

Otavio: Mas o sal modificou, não modificou?

Ida: Modificou.

Otavio: o sal era cristal e deixou de ser, não conduzia eletricidade e agora conduz... Modificou. Criou coisas novas que não tinha antes. Aí, como é que se distingue...

Ida: Não em termos de matéria.

Otavio: Isto! Aí é que está. Você só consegue distinguir em termos de essência. Ou seja: do que está atrás do fenômeno. (...) E quando é que a gente aprende a distinguir o que está atrás do fenômeno? Como vou distinguir se houve uma nova substância? Esse exemplo (dissolução do sal em água) é de muita vivência. Eles podem experimentar, é água salgada... Então eles não vão abrir mão. Pois, para eles, o sal está dentro... Mas quando é uma coisa que não é da vivência deles (vivência significa eles têm um conceito do cotidiano muito forte), para qualquer outra situação que não é da vivência, você começa a dizer: sempre que for dissolução é fenômeno físico.... Aí a Graça dissolve o comprimido efervescente e eles vão dizer que é fenômeno físico. Aprenderam porque decoraram...

Ida: Libera gás...

Otavio: Sim, mas se dissolve hidróxido de sódio em água libera calor. Ou, então, quando coloca sódio metal em água... O aluno que decorou vai dizer que é um fenômeno físico porque dissolveu o sódio. Aí você diz: não, é um fenômeno químico porque liberou gás... E o aluno: mas quando vou saber se é físico ou químico.? Ou seja: não é pela dissolução que vou saber se é físico. ou químico., mas quando souber que existe uma reação entre a água e o sódio. Então, esta é uma coisa que eu imagino que a aula de vocês, sua aula no caso, possa existir mas sempre tentando abrir a discussão e não fechar. Os químicos distinguem perfeitamente até onde o fenômeno é físico... Os iniciantes não podem fazê-lo, a não ser "decorar" os exemplos.

Otavio: Eu misturo duas soluções, isto seria um fenômeno físico ou químico?

Ida: Nesse caso?

Graça: Em qualquer caso, como água e álcool?

Otavio: Qualquer caso: água e álcool, água e acetona, mistura as duas... Nesse caso não haveria uma reação química...

Graça: mas você percebe pela liberação de calor.

Otavio: Ah!.. E quando coloca hidróxido de sódio em água?

Graça: Também!

Otavio: É fenômeno físico ou químico?

Graça: hidróxido de sódio em água... libera calor.

Otavio: E quando coloca HCl, CO_2... O calor sempre estará acompanhando essas dissoluções. Quando coloca álcool em água, também. Ou seja: não tem como você dizer que se libera calor ou absorve calor você tem uma evidência de fenômeno

químico. Claro que evidencia transformações... Transformações está correto! Agora, elas são mais físicas, mais químicas... E todos os passos intermediários. Com certeza, quando você reage, por exemplo, duas substâncias entre si e que já estão em solução, com certeza você libera menos calor do que quando você dissolve ácido sulfúrico conc. em água ou hidróxido de sódio em água. Vejamos o exemplo: $H_2SO_4(aq) + NaOH(aq)$. *Como conhecedor de química sei que haverá uma reação, que é a formação de água, entre* $H^+(aq)$ *e* $OH^-(aq)$. *O sulfato de sódio só vai existir se você evaporar a água.... Ou seja, eu não tenho como diferenciar essas coisas no início de um curso de química. É claro, coisas extremas, como uma pedra caiu de uma certa altura... É físico! A nossa discussão poderia ser: Como se evidenciam transformações? Mudança de cor, liberação/absorção de calor, desprendimento de gás, mudanças de estado físico... São todas transformações e que envolvem energia...*

Ida: Em todos os aspectos que eu coloquei, liberação de calor, liberação de gás...., eu tentava colocar exemplos em que não haveria formação de novos materiais. Se eu for levar em consideração todas as dissoluções que vão haver em outros aspectos...

Otavio: Por exemplo, se eu dissolver cloreto de cobalto anidro em água. O que acontece? Que cor tem cloreto de cobalto anidro?

Ida: azul!

Otavio: coloca em água. É uma dissolução. Vai haver mudança de cor?... Vai ficar rosa... Ou seja: de azul passa a rosa ou vermelho. Como classifica isso? O seu aluno como faria? Se ele aprendeu que mudança de cor é...

Ida: Não, nem sempre a mudança de cor é uma evidência. Ele vai distinguir se ele achar que tem alguma coisa diferente aqui...

Otavio: é como vai saber?

Graça: mas ele não tem capacidade de saber se tem alguma coisa diferente ou não!

Otavio: Não tem como saber! É muito importante ter isso em mente. É tempo perdido querer distinguir isso nessa fase da aprendizagem. Ele só vai repetir os exemplos dados. (...) É importante fazer a problematização...

Ida: Mas o problema maior, nesse aspecto, esá, não no fato da aula, no fato dos conceitos, na dissolução... mas no fato de estar estruturada em mim essa distinção clara entre um e outro. Uma distinção bastante razoável...

Otavio: na tua cabeça está muito bem feita....

Ida: mas a partir do momento em que é uma crença minha sedimentada, eu não largo assim...

Otavio: a não ser que devagarinho você vá minando essa crença... Como é que faz para minar isso? Como nós estamos fazendo aqui.

Ida: essa é a segunda ou terceira vez que a gente coloca essa questão e eu...

Otavio: e a gente procura sempre defender (a posição)!

Ida: Isso, isso... é fácil prá você, Graça?

Graça: Imagina! Não é que eu não queira largar, até quero... mas não sei como...Não me sinto segura! (...) Eu não tenho esse jogo de cintura prá lá, dá cá, pega lá...

Estas posições das professoras, sempre reforçadas no senso comum, constituem-se em crenças profundas, como elas mesmo confessam, mostram que a reflexão sobre a prática deve levar em conta muito mais coisas do que a própria prática em curso, mesmo que isto aconteça em grupos organizados de professores. A reflexão deve partir das práticas dos professores mas esta tem que ser realizada à luz de teorias mais amplas como aquelas capazes de analisar a natureza do conhecimento que está sendo veiculado, de mostrar as possibilidades de compreensão e abstração dos alunos, de estimar a importância dos conteúdos para a constituição do pensamento químico no aluno, avaliar a importância dos conteúdos na compreensão das vivências e do meio social dos alunos, etc. Zeichner (1993a) chama a atenção para os conteúdos da reflexão dos professores e para a necessidade de proporcionar múltiplas ênfases nessa reflexão ao analisar *práticas reflexivas* em voga em diversas partes do mundo.

> **"O bom ensino precisa de ter em atenção todos os elementos centrais das várias tradições: a representação das disciplinas, o pensamento e compreensão dos alunos, as estratégias de ensino sugeridas pela investigação e as conseqüências sociais e os contextos dos alunos"** (Zeichner, 1993a :25).

Havia uma possibilidade de superação da concepção do conhecimento químico estruturado, linear e definitivamente organizado, que "contamina", de forma tácita, o pensamento das professoras, pois os elementos essenciais para uma prática reflexiva estavam presentes: *as professoras se dispunham a relatar as suas experiências e a refletir, coletivamente, sobre as práticas desenvolvidas e se fazia presente a mediação dos novos entendimentos sobre a formação do pensamento e a constituição do conhecimento químico na mente dos alunos.*

A ***linguagem química***, como organizador do pensamento químico a ser desenvolvido, passou a ser a ênfase das minhas intervenções no grupo. Essa ênfase também permitiu a reorganização do pensamento das professoras que começaram a produzir, de forma coletiva, as unidades de ensino que viriam a implementar em suas aulas.

Otavio: O aluno poderia, por exemplo, investigar qual é o gás dos refrigerantes do que, simplesmente, aceitar que é gás carbônico. E a mesma coisa ele pode fazer

com relação ao comprimido efervescente antiácido. Coletar gases é uma tarefa muito simples... De domínio dessa técnica, você vai provocando fenômenos e vai descrevendo as mudanças utilizando a linguagem química. Por exemplo, se está fazendo o fenômeno da evaporação da água, como é que se representa isso em linguagem química? Como é a designação da água em química? O aluno já sabe que é H_2O, ela está no estado líquido normalmente, é $H_2O(l)$. Como fica a transformação? Torna-se gasosa ou vapor $H_2O(g)$, e a seta que indica a transformação. $H_2O(l) \Rightarrow H_2O(g)$. Logo ele vai começar a perceber, [sempre mediado pelo professor], que a estrutura básica é a mesma antes e depois da transformação acontecida. Então não houve uma transformação química profunda, porque a estrutura básica H_2O permaneceu antes e depois. Vocês perceberam?... Então, pela linguagem química ele vai começar a distinguir as transformações acontecidas ou em observação. Agora, se você pega o O_2 e dissolve em água, deixa O_2 aquoso: $O_2(g) \Rightarrow O_2(aq)$. Vejam que permaneceu a estrutura básica. Não houve reação química, pois a linguagem é a mesma. Agora, se você pega $CO_2(g)$ e coloca em água, forma $H_2CO_3(aq)$.: $CO_2(g) + H_2O(l) \Leftrightarrow H_2CO_3(aq)$. Nesse caso houve mudança da estrutura básica (representacional). As duas setas indicam que a volta acontece facilmente, ou o gás pode ser facilmente retirado da solução. Houve uma mudança porque a linguagem leva a admitir isso. Há uma forma de você organizar o conhecimento, começando a usar muito cedo a linguagem em química.

Ida: Independente de chegar e tentar classificar...

Otavio: Isto!

Ida: Já introduz na linguagem química o que você tem que colocar.

Otavio: Ele pode escrever gás carbônico ou $CO_2(g)$. Com certeza ele opta por $CO_2(g)$, pois é mais fácil e mais rápido. Ele aprende, rapidamente, uma série de palavras químicas que são representações de substâncias e que você vai usando: $N_2(g)$, $O_2(g)$, $H_2(g)$, $CO_2(g)$, $H_2O(l)$, $H_2SO_4(aq)$... Umas 20 "palavras químicas" com as quais você vai formando uma linguagem própria do pensamento químico.

Ida: Essa separação que eu fiz, [em fenômenos físicos e químicos], esses 40 min, eu poderia ter usado de uma outra forma...

Otavio: Eu acho que o importante é ter feito o aluno participar.

Ida: Fiz, e de forma organizada.

Otavio: É um valor. Um valor grande. O aluno teve a palavra. Aliás, o aluno deve ter sempre mais a palavra. Agora, não vai resolver para o objetivo que você queria desenvolver na aula: distinguir fenômenos físicos e químicos por qualquer critério macroscópico. O aluno só vai repetir os exemplos.

Ida: Certo!

Otavio: Como é que você pode usar esta mesma aula e, ao invés de fechar [o conhecimento em torno de classificações inúteis], usar o exemplo da aluna da Graça, por exemplo? [A aluna dela] não queria aceitar que a dissolução do comprimido efervescente antiácido fosse um fenômeno químico. Pois para ela era uma dissolução e como tal um fenômeno físico. Ao invés de fechar, você abre a

discussão. 'Olha, os fenômenos que vocês aprenderam na oitava série não se distinguem tão bem...Tem de mudar realmente a substância'. Como é que se sabe isso? ***É pela representação química****. Então, o referencial que vamos usar, na hora em que vamos começar a organizar as unidades, vai ser um referencial em que a palavra, a linguagem, é o organizador do pensamento. Tu não podes fugir da linguagem, [nem há motivo para adiar isso], a química é uma linguagem especial, [tanto para a comunicação universal quanto na organização do pensamento químico]... Se eu não estiver iniciado nela não vai haver compreensão.*

Ida: Os meus alunos do Adalberto (a outra escola em que atuo), do segundo ano, onde estou estudando ácidos, dissociações, soluções, íons, neutralização... Eles pedem regras. Eles falam assim: 'professora, não tem uma regra para esse assunto?'...

Otavio: Eles confiam mais na memória do que na inteligência! Isso é triste! Nós colocamos uma marca na cabeça deles durante a escolarização: 'tu és incapaz, inepto'...

Ida: Mas ele olha para você como se você estivesse tolhendo alguma coisa dele, [algum direito dele de saber]...

Otavio: Eles já acreditaram na escola que disse que eles são incapazes.

Ida: Eles dizem: 'mas professora, depois que você já falou, e agora qual é a regra que vou usar'?

Otavio: Você, é claro, deve dar a chance de ele anotar alguma coisa. Mas eles já estão bastante convencidos de que eles são incapazes. Nós temos que pensar muito nisso.

Ida: Mas regra deixa também um conforto para eles, não deixa?

Otavio: Como eu não sou capaz, eu sigo uma regra e daí sou capaz...

Graça: Daí eu faço aquilo conforme a regra...

Insistíamos sempre, em nossas reuniões, para que cada professora produzisse, junto à sua classe de alunos, uma forma de organizar os conteúdos ou criasse uma sistematização que ia se constituindo em uma produção coletiva daquela classe. Isto viria a caracterizar uma reconstrução de conhecimento em um espaço/tempo concreto que caracteriza cada sala de aula. Para isso seriam evitadas "fórmulas prontas" normalmente "transferidas" para os alunos sem que o conhecimento se constitua na mente deles. As "fórmulas prontas" se prestam, na maioria das vezes, para resolver exercícios segundo um modelo dado e repetido até a retenção de uma solução para determinado problema-padrão. Este é um vício no ensino tradicional, principalmente, no ensino tradicional de matérias como química, física, matemática. A avaliação escolar dá-se, naturalmente, na solução dos mesmos problemas, agora em uma situação pura e simples de uso da memória mecânica. Os alunos do ensino médio já

foram "treinados" para pensar a sua escola dessa forma e eles exigem, muitas vezes, que seja assim e, por isso, resistem às inovações propostas, conforme relata Sara:

Sara: Eu ensino eles fazer problemas de equilíbrio fazendo uma tabela: número de moles inicial...Aí eles fazem. Aí hoje, já dei o equilíbrio iônico, a Lei de Ostwald (uma expressão matemática pronta ou fórmula)... 'Ah, é muito mais fácil fazer por aí, não precisa fazer aquela tabela toda'. Aí eu disse: mas aqui vocês vão decorar uma fórmula e lá estão raciocinando... 'Prá que pensar se tem a fórmula, a gente decora a fórmula'... Estão no terceiro colegial. Uma coisa é a gente mudar a idéia deles. Eu não acredito que eles se achem ineficientes é que eles gostam do que é mais fácil, ir pelo caminho mais fácil. Prá eles o mais fácil é ter uma fórmula para decorar.

Otavio: A não ser que tenha um professor que vai desequilibrar essa possibilidade e que essas fórmulas não tem mais valor nenhum. Eu, por exemplo, pegaria esses alunos que querem só decorar as fórmulas, e eles não conseguiriam mais resolver do jeito como vou cobrar... Não tem como aplicar aquela fórmula de forma direta...

Sara: No ano que vem nem vou dar mais a fórmula...

Otavio: Isto! ... Deixa contar um caso que mostra que o aluno vai se convencendo de que ele é inepto.

Sara: Porque a gente está tornando ele inepto. Porque ele não é.

Otavio: Claro que não é! Lembro-me de um caso relatado em um Congresso de Ensino de Matemática, realizado na minha cidade, em que a pesquisadora, ligada a um projeto de formação continuada de professores de Matemática, contou uma história de aluna de quarta série... Uma professora que trabalhava com ela aplicou um projeto de ensino de matemática que fora criado por um grupo de pesquisa em ensino de matemática lá de Brasília. Uma professora se deu conta que na metade do ano tinha dado uma só unidade entre as 4 que tinha que dar. Teria que ter dado duas. Mas os alunos adoravam aquelas aulas, aprendiam matemática, todos estavam entusiasmados... Quando chegou Agosto a professora se preocupou com a matéria que faltava, matéria que seria cobrada pela professora da quinta série, e resolveu voltar ao método tradicional e dar toda a matéria. Começou a dar dessa forma tradicional e os alunos ficaram mudos. Preocupada ela interrogou os alunos e uma delas disse assim: 'professora, por que que não é como antes das férias quando a gente gostava de matemática, fazia atividades, era uma brincadeira, todo mundo aprendia e agora a gente não está entendendo nada do que está colocando aí no quadro, estamos copiando, copiando'... Aí foi a professora que ficou muda! Não tinha mais o que dizer. Ou seja: Na quarta série os alunos ainda exigem construção do conhecimento. A escola ainda não conseguiu destruir essa vontade... Aí eu contei a minha experiência com os professores de Ciências da oitava série em Ijuí. Os alunos, o que eles mais queriam, quando começaram aplicar o projeto, era voltar às aulas anteriores em que o professor dava as perguntas, colocava as respostas e marcava as questões (perguntas) que deveriam estudar para a prova... 'Assim a gente ia bem', diziam! 'Agora a gente está fazendo as atividades, tem que escrever o que a

gente está vendo... Por que que a senhora não escreve no quadro o que é que gente está vendo'... Ou seja: na oitava série os alunos já abdicam do direito de ver!

Ângela: Imagina no segundo colegial!...

Otavio: No segundo colegial ele está mais 'escolarizado', ele abdicou da capacidade dele de produzir. A escola fez isso. [O nosso trabalho] é, exatamente, romper isso, nem que seja numa única matéria. A história [vivenciada por mim] é mais longa: quando os alunos de sétima série de uma escola fizeram uma greve nas aulas de História e Geografia foi porque eles queriam aulas dessas matérias como eram as aulas de Ciências e Matemática, em Projeto já consolidado por 3 a 4 anos. Não queriam mais aulas tradicionais, de decorar textos ou questões. Os professores também começaram a estudar e a mudar o ensino dessas matérias [porque os alunos assim o exigiam].

Otavio: (...)A mudança tem que ser primeiro de idéia. Vocês falaram de uma coisa muito importante: a gente se apega ao esquema que está claro para a gente!... As pesquisas educacionais mostram que todos os alunos têm esquemas de explicação...Têm esquemas que não são esses [que nós lhes apresentamos], são outros. É difícil abrir mão das idéias! Se para nós é difícil, mais difícil é para os nossos alunos. E todo o trabalho do construtivismo é mostrar que aquele conceito da vivência deles precisa adquirir um conteúdo científico. Agora, ele não vai adquirir conteúdo científico se aquele conceito científico não tem consistência, não está dentro [de uma sistematização acessível]. Com certeza não é através de uma 'explicaçãozinha' de uma aula, de uma anotação, de uma regra ou de uma fórmula que vai mudar isso. Ele pode repetir igual, inclusive na prova, mas ele não vai abrir mão, tão facilmente, de suas idéias. E nem vocês! Está bom, Sara?... Mas conte algo de sua aula, Graça! Que mais você fez na aula que você gostaria de relatar aqui no grupo e que mostrasse a sua evolução ou a sua mudança a partir de nosso trabalho conjunto aqui? Além, é claro, do que já colocou sobre o comprimido efervescente, sua forma de introduzir a aula do primeiro ano...

Graça: No segundo ano estou terminando de trabalhar com eles a ligação iônica. Estou mais atrasada que a Sara, porque saiu muita conversa em relação ao sal. Teve uma série de perguntas

Otavio: Em relação a que?

Graça: Ao sal. O sal de cozinha, o cloreto de sódio, então acabou se alongando, a Sara já está dando ligação covalente...

Otavio: (...) Já que eles tinham muito interesse pelo sal, como disse no início, você procurou explorar essa idéia de que SAL é um conceito químico muito mais amplo do que o sal de cozinha. Você procurou trabalhar essa idéia? Aproveitou essa curiosidade deles, ou deixou-os, apenas, na idéia de sal como o cloreto de sódio?

Graça: Não, só até cloreto de sódio...

Otavio: Então veja isso... Vocês têm que começar a perceber! Eles estão no senso comum e vão ficar nele. O nosso trabalho, como professores da área científica, é fazer ir além do senso comum, ir para o que está atrás do senso comum. No caso, o

senso comum é que sal é só o cloreto de sódio. E para nós, sais são os compostos iônicos de forma geral. Isto é importante vocês se concientizarem, devagarinho, desse problema. Quando há uma deixa dessas, não devem deixar passar... Aproveita para dizer a eles que todos esses compostos: cloretos, carbonatos, sulfatos, nitratos, fosfatos.... se há a presença do cátion, temos sais.

Ida: E quando os alunos não têm noção desses ânions? (ânions compostos, oxigenados)

Otavio: São 5-6 ânions que vale a pena você trabalhar já a essa altura da Química...Tem que mostrar a eles que é um agrupamento [que se mantém nas transformações químicas].

Graça: um agrupamento, foi isso que falei prá eles.

Otavio: Normalmente, isso leva 2-3 anos até que eles se convencem que é uma estrutura unitária química [que se conserva nas transformações químicas mais comuns]. O que mais você quer colocar, Graça?

Graça: Só isso!

As reflexões no grupo sobre a aprendizagem dos alunos ou a falta de compreensão e entendimento manifestado pelos alunos tornaram-se fundamentais para a aceitação da necessidade de desenvolver um novo programa de ensino, bem como, novas metodologias. Sara observou, por exemplo, que alunos do segundo ano tiveram mais acertos na proposição de estruturas moleculares, conforme *modelos de Lewis,* do que na proposição de fórmulas de compostos iônicos em que deviam cuidar, apenas, a neutralidade total de cargas nesses compostos. Sara havia testado um novo modelo de ensino das estruturas moleculares, discutido e organizado no grupo, conforme modelos de Lewis e os alunos os adotaram facilmente e foram capazes de propor fórmulas estruturais corretas, sem recorrer à memória como acontecia em anos anteriores.

Fazer fórmulas de compostos iônicos, dados o cátion e o ânion, exige um grau de dificuldade muito menor do que propor estruturas de Lewis para fórmulas químicas novas não dadas em aula, conforme avaliação da professora. No entanto, os alunos tiveram mais sucesso nessa tarefa do que no acerto de fórmulas químicas para os compostos iônicos. Para Sara isto se devia à nova metodologia que ela estava desenvolvendo em aula a partir de nossos estudos conjuntos. O entusiasmo inicial dela foi em um item de conteúdo que pode ser visto como algo muito abstrato, como é o conteúdo da geometria molecular, explicação das polaridades, fórmulas estruturais, etc. Mas foi com esse assunto que Sara se entusiasmou mais e viu a possibilidade de uma nova organização dos conteúdos e de desenvolvimento de nova metodologia de

trabalho na sala de aula. Mesmo tendo boa experiência com química aplicada, pois trabalhara vários anos como profissional química em indústrias, usando essa experiência em suas aulas, conforme relatou muitas vezes, ela se entusiasmou, primeiramente, com um item de conteúdo de elevada abstração, mais própria da química escolar tradicional. Isto pode ser explicado pela crença, sempre muito forte, no programa tradicional de ensino de química, o deve ser levado em conta na formação continuada de professores cuja base é a prática atual desses professores.

Ida: Quando eu ensinei essa parte de ligação iônica para eles, já tínhamos trabalhado com os modelos atômicos de Rutherford..., já tinha [dado a distribuição] dos elétrons em camadas... É chato a gente verificar, agora, pelos relatos da Sara, que eles não sabem isso. É que os alunos eram meus e agora são dela. Eles não lembram mais. Então eles aprenderam e esqueceram...

Sara: Agora estou dando polaridade para os meus alunos do 2º ano. Dei primeiro a geometria e estrutura molecular e estou achando que eles estão pegando muito bem, através da geometria, a polaridade. Porque, pelos livros (didáticos normais), é quase uma decoreba, né! Quem é polar, quem é apolar.... Mas tem exercícios que não dá [para resolver sem fazer a geometria das moléculas antes]! Agora, eles mesmos vão descobrindo, através da análise da geometria molecular quais estruturas são polares ou apolares! Por exemplo, se ele não souber qual é a geometria, ele pode pensar uma molécula como angular, quando ela é linear, e interpretar pela polaridade da molécula, quando ela é apolar! (...) Eles tem que fazer a ligação covalente, fazer as estruturas de Lewis e, a partir disso, ver a geometria e julgar a polaridade da molécula. E isso é muito diferente da decoreba... Reclamam porque tem que fazer tudo! 'Ah, nós já fizemos prova sobre ligação covalente, [por que temos de saber agora]?... Eles reclamam, reclamam, mas estão fazendo.

Otavio: Ida, termina o teu pensamento...

Ida: A frustração é muito grande imaginar que você já fez, já trabalhou em cima, que eles fizeram uma série de ligações, que nós já trabalhamos um bimestre nisso, apesar da greve, apesar de tudo, e eles não reconhecem, não conseguem fazer, não aprenderam...

Sara: Você sabe que ninguém me pede a distribuição de elétrons, quantos elétrons tem em cada camada. Eles sabem. Ninguém tem dúvida nisso, eles sabem aquela seqüência: 2,8... Eles só tem preguiça quando aparecem mais camadas. Mas eles sabem..

Otavio: eu só chamaria a atenção, para vocês não ficarem tristes, que é o seguinte: esses conceitos são de crescente abstração, [mesmo que pareça simples, para nós, propor uma fórmula química de composto iônico, para eles não é].

Ida: É que você trabalha totalmente o inverso [do que vimos fazendo] Vai trabalhando primeiro [a fórmula química como representação de uma substância e

depois vai justificar por que a fórmula é assim, utilizando as teorias de ligação química].

As professoras mostram, em diversas situações de relato de suas aulas, a preocupação em mudar a sua prática e colocá-la conforme as discussões e produções feitas no grupo. Isto permite reafirmar os princípios teóricos que devem começar a conduzir essa mudança. Esses princípios são de inspiração sociocultural e dos quais as professoras estavam começando a se apropriar, sempre na interação e mediação no grupo e das leituras que fazíamos.

Otavio: (...) Como é que está funcionando (o nosso trabalho)?... Você, Graça, está aplicando no 1º ano mais ou menos o que estamos elaborando aqui. Como é que está funcionando? Podia dar um depoimento, para não perdermos muito tempo, pensando que estamos fazendo grandes coisas e não estamos.... Fala como é que está sentindo a sua sala de aula?

Graça: Os alunos têm demonstrado um certo interesse, têm perguntado uma série de coisas. Eu acho que estão respondendo. Você pergunta se já estão tentando associar... Ainda não avaliei, entendeu?

Otavio: Fala da aula....

Graça: Está transcorrendo normal, só que tem algumas coisas...., por exemplo, como estamos discutindo paralelamente têm algumas coisas que estou retomando, colocando... Além disso são duas semanas que está uma confusão. Primeiro foram os provões, agora esse movimento da greve... , greve de ônibus, está um número reduzido de alunos. Mas eles se interessaram um monte! Fomos ao laboratório, [fizemos a atividade da combustão] da vela, todo mundo fez, fez relatório... Depois se discutiu coisas que eles não sabiam explicar... 'Ah, então é assim!' Já associavam uma porção de coisas...

Otavio: Chegou a trabalhar a questão dos óxidos com eles?

Graça: Já! Em duas classes.... Mas eles ainda não se manifestam muito...

Otavio: Como é que funciona essa idéia do representacional?... Eles estão conseguindo enxergar os elementos já no composto, quando você fala dos óxidos, como um grupo de substâncias?...

Graça: Não, eu identifico...

Otavio: Símbolo?... Sem definir o que é substância simples, composta, você vai falando... Eles, como reagem a isso?

Graça: É, médio, não tanto quanto a gente queria, mas... Alguns alunos, poucos, recebem bem. Mas têm alguns alunos que estão assim..., dispersivos ... Então, realmente, não deu para firmar... A gente pode até jogar essa idéia de substância simples, composta.... Agora, não sei se vou jogar aí ou se vou jogar no estudo do átomo de Dalton...

Otavio: Tanto faz, pode ser agora ou pode ser depois...

Graça: Por causa da representação, em bolinhas... Então vamos lá , uma bolinha...

Otavio: Só que essa bolinha tem um símbolo... Tem que jogar com as duas coisas...
Graça: Exato! É isto que estou tentando. Não sei se introduzo agora... ainda não falei de átomo.. de moléculas. Só falo: isso daqui é uma substância, essa substância aqui tem um elemento que aparece nos reagentes... É muito assim do que a gente fez no laboratório. Então, por exemplo, tivemos magnésio com oxigênio... Pedi para eles tentarem ver como é que acontece essa interação...
Otavio: Interação, está conseguindo clarear esse termo?
Graça: Estou, estou tentando.... e eles: 'Ah, foi o magnésio com o oxigênio que produziu o óxido!'
Otavio: O óxido é uma substância nova e dessa substância nova, você fala tanto nas propriedades que aparecem quanto da representação...
Graça: Isto, exato!
Otavio: Isto é importante, só pela propriedade, sem representação, [parece que a coisa não funciona bem]... São tão delicadas as experiências, as observações e medidas [de propriedades]... O erro experimental da densidade, por exemplo, não permite distinguir densidades próximas, é algo complicado para situações não ideais, para situações reais de laboratórios de experimentação e, nas realidades das escolas, é tão complicado que não vejo como funcione bem; a nossa idéia é ver aquela qualidade da substância bem expressa, visível... e a outra é a representação. A representação é que vai dar força para essa diferença... Isso você está conseguindo ressaltar?
Graça: Estou, estou tentando sim! Então vocês queimaram o magnésio Mg(s), com oxigênio $O_2(g)$, deu um óxido... Mas em que estado está o óxido? 'Sólido... Claro que é sólido, professora.... pozinho, então é sólido'.
Otavio: Ótimo, esses termos sólido, líquido, gás, aq., você vai usando normalmente, sem definir! Vai chegar um certo momento, quando estiver trabalhando mais sistematicamente a idéia de partícula, vai definir, [representar por desenho, interpretar a diferença em termos microscópicos e através de modelos]... Porque veja, a representação não está ainda jogando a idéia de partícula, a idéia de partícula realmente vai acontecer com a introdução do átomo de Dalton. Aí temos de pensar assim: não é uma idéia óbvia... Não é evidente... Tanto assim, quando Dalton reintroduziu a idéia de átomo, houve muitos cientistas que argumentavam que era completamente desnecessário o átomo ou a partícula... Eles argumentavam que a matéria não tinha que ser descontínua... Portanto, a descontinuidade da matéria não é um assunto óbvio... O aluno só vai abrir mão de pensar continuidade e passar a pensar descontinuidade da matéria, na interação de um professor que acredita nesse princípio científico, pensa e raciocina como tal, têm argumentos para isso. E esse átomo, essa descontinuidade, vai ser uma negociação com o aluno... Grande porcentagem dos alunos, provavelmente, tem uma idéia de matéria contínua... Nessa interação é que ele vai começar a admitir, [de fato], que na matéria [é constituída] de partes mínimas e que se chamam átomos, moléculas, íons, elétrons.... É uma negociação que vamos fazer. Essa negociação não é essencial e não existe forma

de fazer com que o aluno descubra sozinho isto, reinvente isto que a humanidade levou milhares de anos para criar. Então, como é que o aluno vai admitir isto? Você também não pode impor, com argumento de autoridade... Mas você pode negociar, numa posição de privilégio pelo conhecimento melhor, mais consistente, com o qual consegue explicar mais coisas. E o aluno, devagarinho, vai admitir essa idéia... As pesquisas mostram que os alunos admitem a partícula, mas não admitem, por exemplo, os espaços entre as partículas... Então, isso é uma negociação difícil. E nós sabemos que existem muito mais espaços do que propriamente matéria... Aliás, os próprios conceitos matéria, de massa..., são tão complexas quanto os conceitos de átomos, moléculas, íons... Tudo isso se dá com muita negociação... O aluno começa a acreditar, o professor começa a explicar mais coisas... E, às vezes, quando o aluno começa a explicar e não consegue, ele vai abrindo mão daquelas teorias que eles já carregam e começam a adotar a teoria que o professor está intermediando, e que é a teoria científica. E nós queremos fazer essa intermediação tudo via representacional, experimental, usando todos os argumentos..., sem sermos ingênuos de que o aluno vai, automaticamente, aprender isso. Sem querer impor, como argumento de autoridade... Esse projeto que estamos produzindo não é linear, quer dizer: primeiro ele aprende bem isso, depois aquilo... Não é assim! O que estamos propondo é uma espiral... ela vai se constituindo sempre mais firmemente, até que o aluno esteja inserido no pensamento, esteja usando a linguagem, esteja conseguindo organizar o seu pensamento e esteja pensando quimicamente sobre a matéria, as substâncias, e, mesmo, sobre a energia... Essa é a pretensão... Vamos ver o que vai acontecer. Estamos observando.

III.4 - *Desenvolvimento de unidades de ensino de Química: professores assumem seu papel integrando Pesquisa e Ensino*

. A idéia de produzir um novo **Programa de Ensino** surgiu já nos primeiros encontros do grupo. Teria que ser algo que partisse da prática dos professores mas que projetasse algo novo que contemplasse uma visão curricular mais ampla: aluno, professor, ensino, aprendizagem, conceito coerente de ciência e conhecimento químico, meio social, etc. Embora tratássemos de forma pontual diversos itens de um possível programa renovado de química, levamos mais de um ano para a produção coletiva de algo mais fundamentado e sistematizado. O fluxo de produção e a testagem em sala de aula, no entanto, deram-se de forma rápida e objetiva. Havia muitos acordos sobre o que ensinar e como, já produzidos anteriormente. Mesmo assim, o início da produção formal do programa de ensino de química naquela escola, mostra a preocupação com um referencial teórico no qual o grupo começou a

acreditar e a pautar as suas atividades. A seguir apresento na íntegra a transcrição das fitas que documentaram o início dessa produção.

Otavio: Vamos recordar nossa referência teórica e tentar produzir, num primeiro momento, uma unidade que poderíamos chamar de introdutória ao estudo de química, adequada para o primeiro ano do ensino médio, tentando, sempre, preservar o que vocês definiram no programa e que é o assunto transformações químicas. É um programa adotado por vocês e sobre ele é que vamos trabalhar! Depois vamos fazer o mesmo para o 2º e o 3º ano. E pretendo ainda, nesse 2º semestre, assistir às aulas de vocês nas unidades que vão sendo produzidas. Pode ser assim?

Todos: pode...

Otavio: Agora a gente vai ter compromissos mútuos... Pois, se o grupo decide fazer assim, veremos até onde poderemos ir...

O princípio é o seguinte: Para haver aprendizagem, que é o compromisso, nós o sabemos, do aluno, temos de, em primeiro lugar, saber que precisa o envolvimento ativo dos alunos. Sem esse primeiro princípio, como preocupação e como prática em nossas aulas, não vai haver aprendizagem. Então, na elaboração da unidade, temos de pensar o que vamos fazer para que o aluno se torne participativo. Temos de procurar adotar muitas estratégias e técnicas que favoreçam e exijam a participação dos alunos. Ou que envolvam o aluno para que se torne participativo. O estudo de professores bem sucedidos mostram que eles têm 10 a 15 estratégias, e que eles mudam rapidamente, sem perda de tempo, num trabalho de grupo para um trabalho individual, para um trabalho dialogado, para uma atividade experimental, para uma pesquisa bibliográfica..., quer dizer, rapidamente, os professores destes estudos, os professores bem sucedidos, mudam as estratégias... Os estudos revelam que eles não têm, necessariamente, conhecimentos melhores que os outros... O que eles têm é um grande manejo de sala de aula. Uma dinamicidade de sala de aula. Olha, às vezes temos de ser muito rápidos, em 10 min ter mudado umas duas vezes... Se a gente não conseguir esse movimento ativo do aluno, acabou...

A segunda coisa, que temos de saber, é que o aluno têm idéias, o que já discutimos muitas vezes. Essas idéias participam da elaboração do conhecimento do aluno. Aí existem várias direções pedagógicas no uso dessas idéias em sala de aula. Duas delas já discuti com vocês e constam num dos textos lidos e comentados. Uma diz que as idéias precisam entrar em conflito com as idéias novas, mais científicas...., e o aluno abriria mão, para resolver o conflito, de suas idéias, adotaria as novas. Mas existem muitos estudos que mostram que ele não abre mão de suas idéias, tão facilmente. Só abre mão se ele vai ver que a idéia nova é melhor, explica mais, incorpora a anterior, etc. Quer dizer, a idéia nova não é adotada só porque o professor disse que é assim. [O aluno] pode até tentar responder de acordo [com ela] na prova, mas ele não muda realmente. A outra direção dada, é a que vamos tentar seguir, baseada em Vygotsky, diz que o aluno tem idéias, essas idéias são

elaboradas na interação social, durante toda a vivência que o aluno já teve, etc. O primeiro significado, no entanto, e nisso Vygotsky é radical, a criança adquire na interação com o outro. Ou seja, primeiro, a idéia que ela vai ter, já estava no outro. Esse significado ela "pega" na interação, negociando significados, etc... Nós vamos dizer que o aluno já tem idéias, que ele elaborou na interação com todo o meio social, (...) feitas na interação e em relação ao outro. Essa [forma de elaboração de idéias e significados] continua na escola, já de forma mais sistematizada, e continua fora da escola, no segundo grau, ali onde nós vamos trabalhar e que é a idade em que, de fato, o adolescente tem condições de elaborar conhecimentos e conceitos, verdadeiramente, científicos. Para a elaboração de um conceito científico na escola, ele não precisa abrir mão de um "conceito errado", substituir um "conceito errado", um "conceito do cotidiano"; [ao menos] não é essa a nossa posição. A nossa posição é a seguinte: os conceitos científicos vão ser apresentados dentro de um sistema conceitual, no caso a química, que nós temos de elaborar, só que são conceitos que têm relação com os outros conceitos do cotidiano e que estão bastante presentes no aluno. Principalmente quando se inicia o estudo sistemático. Então, vamos tentar buscar um conceito científico que seja fecundo no sistema conceitual para aprender química, mas que pode, por sua vez, 'iluminar' os conceitos elaborados no cotidiano, para que eles caminhem na direção da abstração, possível pela existência do conceito escolar já trabalhado ali. Por outro lado o conceito escolar trabalhado, o conceito científico, possa caminhar na direção da concretude, da vivência dos alunos. Essa é a essência do nosso referencial. Está claro?... É, pelo menos, interessante nós tentarmos ver como funciona isso em nossas aulas! Até aqui poucos estudos foram feitos da sala de aula, baseados nesse referencial, e muito menos ainda em química e no ensino médio. Vamos tentar fazer uma produção, mantendo o programa de vocês, de uma ou outra unidade.

A primeira unidade, introdutória à química, não precisa daquilo que classicamente se chama Introdução à Química. Vamos deixar de lado todo aquele entulho, que a gente acha que não vai servir para nada... Muitas daquelas coisas que aparecem nessas Introduções, o que é a química, fenômenos físicos e químicos, separação de misturas, etc. Essas coisas vão aparecer no decorrer da elaboração [e no desenvolvimento do programa] e não é o que vai introduzir a Química. A idéia é essa. É possível?

Vocês ficaram de pensar durante a semana... A idéia já definida, pelo programa de vocês, é a da transformação e, mais especificamente, a transformação química. São transformações especiais ou química como transformação. Essa é a idéia.... Depois, para explicar a transformação, temos de estudar a estrutura [íntima da matéria, seus modelos de explicação]. Vocês já sugeriram um tipo de transformação química, que pode ser melhorada agora, melhor explorada, e que é a combustão. É isso? A nós cabe aqui, reestruturar, vocês vão usar a experiência de vocês [e eu vou ajudar na sistematização das idéias]. É lógico, o conceito de transformação deve ser discutido...

Ida: Discutido depois de fazer o experimento.

Otavio: Não necessariamente... Pode-se discutir a idéia de transformação sem um experimento específico de laboratório, por exemplo. No fundo é mais para ver que existem muitos tipos de transformações, sem a gente classificar de forma rigorosa... Podíamos falar de transformações de forma genérica... Eu vou dar uma sugestão para vocês e que talvez seja útil...

Ângela: Não precisa ser um exemplo químico....

Otavio: Não, mas a gente pode, devagarinho, dirigir a discussão para aquilo que nos interessa, ou àquelas transformações que nós sabemos serem químicas... Vou dar uma sugestão de atividade e que funciona bem... Os alunos poderiam fazer uma listagem daquilo que se poderia chamar de materiais (tudo que compõem o seu meio) que eles classificam como naturais ou artificiais. E aí poderiam elencar esses materiais e, organizados em grupos pequenos de 2-3 alunos, fazerem uma lista daquilo que está no meio em que se encontram, a sala de aula, ... Isso já vai dar uma discussão muito boa. Cada grupinho coloca no quadro, de acordo com a sua lista... A seguir, começar a discussão, analisar o critério usado por eles, etc. A aula será extremamente participativa! Vejam, não adianta jogar a pergunta para 40 alunos... Dessa forma 2-3 vão falar e o restante se desinteressa. Os pequenos grupos são essenciais... Cada um anota os materiais e os classifica. Haverá discordâncias, com certeza! A participação é essencial, como já dissemos, vencer a má vontade que a escolarização anterior já instalou em cada aluno -onde o aluno não precisa fazer nada- deve ser tentada. Tudo isso é uma questão de reeducação, da qual vocês não podem se eximir. Eu penso que será uma aula bem participada...

Graça: Eles põem os materiais tudo misturado... e depois a gente separa...

Otavio: Eles já fazem uma proposta de classificação...

Sara: Você não precisa apresentar, eles tiram da cabeça....

Otavio: Sim, eles tiram do meio, vão discutir sobre cada material que detectam, e classificam, de acordo com um conceito que eles têm, se é natural ou artificial. Ex.: eles pegam algo e dizem: isso é um plástico... Classificam, provavelmente, como artificial... Uma tinta, a madeira, o grafite do lápis, o ar com alguns componentes, o ferro, o tecido, metais diversos, verniz, água, plantas, terra, poeira, giz, cerâmica, etc... Eles separam nos dois grupos: material natural e material artificial.

Graça: Caneta...

Otavio: Caneta... aí começa a primeira reflexão importante! Tem que ser material, ou seja, de que as coisas, como caneta, são feitas. Mesa, não pode! De que é feita a mesa? ... É material que eles devem listar... Madeira, fórmica, ferro, alumínio....

Eles precisam começar a pensar que as coisas são feitas de diferentes materiais. Eles podem dizer corpo, o nosso corpo.... Mas isto não é material. Mas se disser, sangue, já há uma aproximação, é um material. É claro que depois cada material será entendido como constituído de substâncias... Mas isto será mais adiante...

Vocês estão vedo aonde vamos chegar? Concordam?... Mas vejam, é uma aula, 20-30 min. Seria como que uma tempestade de idéias...

Ângela: E no caso de eles colocarem caneta, lápis, essas coisas?

Otavio: Sim, e você deve solicitar que expressem o material com que são feitas essas coisas, percebeu?

Graça: A gente fazia.... No livro de química tem: o que é material, objeto, substância, corpo...

Otavio: Não vamos entrar como definições... isso não leva a nada! Faz-se a listagem dos materiais só do meio próximo, algo concreto sobre o qual eles vão refletir, [vão falar]. É importante aplicar uma técnica dinâmica e que gere a participação, discussão, a discordância, etc. O listão, na junção dos materiais por toda a classe é que vai apresentar as discordância, permitindo a defesa de idéias, a discussão... Cada aula será uma surpresa. Ela deixará de ser chata... Se derem essa aula em 5 classes diferentes, a listagem será diferente, as surpresas serão diferentes, os pontos de discordância, etc... Provavelmente vai aparecer uma lista maior de materiais artificiais, algumas darão discussão. Por exemplo, o ferro. Onde é que vão colocar?

Ângela: Natural!

Graça: Natural!

Otavio: E o que vocês diriam?

Graça: O ferro vem da natureza na forma de um composto; não está na forma natural quando se emprega na construção, na esquadria, no carteira... Precisa extrair...

Otavio: Ótimo! Precisa localizar o minério, extrair e então colocar um enorme conhecimento químico para termos o ferro como o conhecemos em nosso dia a dia. É, portanto, artificial! Nisso não se pensa e, com certeza, na observação primeira haverá uma tendência em considerar o ferro como material natural. Vocês verão isso ao realizarem a atividade junto aos alunos. Já vai despertar muita discussão!...

No final, quando se argumentou sobre o conhecimento que precisa para fazer esses materiais novos, modificá-los para que sirvam para um determinado fim, leva-se os alunos à reflexão sobre o conhecimento bem específico que está atrás disso e que é o conhecimento químico. A química está por trás dessas transformações [dos materiais para se obter outros materiais com determinadas características]. Conhecer química é saber produzir materiais novos que não existiam, modificá-los. A química também está nos materiais naturais... Mesmo que esteja assim na natureza, deve ser separado, purificado, conservado, etc... Então, sem dar uma definição, uma noção de química, como fazem os livros tradicionais, você formará uma bela idéia de química, com o que ela trabalha, sobre o que trabalha,... Essa seria, para mim a primeira aula!

Você poderia continuar e refletir sobre os usos de diferentes materiais. Por exemplo, por que se usa vidro nas janelas e não madeira?

Sara: É, a madeira não é transparente...

Otavio: Ótimo! Eu uso de acordo com a ***propriedade*** *que eu quero. Uso o vidro porque, além de isolar contra o barulho, vento, chuva, etc., ainda deixa passar a luz, o que me interessa... Para a madeira e fórmica poder-se-ia discutir o trabalho dos químicos que procuram imitar os tons da madeira, pela beleza, mantendo outras*

características, ou mais adequadas ou melhoradas... Um químico pode imitar materiais naturais, imitando características que interessam. Veja-se os tecidos... O conhecimento químico permite fazer coisas muito interessantes e elas acontecem todos os dias. Ou seja, a química pode ser muito interessante e despertar importantes vocações entre os jovens. Ligar a química à poluição é apenas uma visão parcial, geralmente, muito ressaltada pela mídia... Não adianta dizer para os alunos que a química está em nossa vida, invade o nosso meio, [que tudo é química]. É importante que eles sintam isso, vejam, pela reflexão que essa aula inicial pode proporcionar.

Qual o conceito científico que desejamos desenvolver nessa primeira aula ou nessa primeira unidade? ***Que a química trabalha basicamente sobre os materiais, recriando-os, modificando-os, aproveitando e modificando propriedades...*** *Mais adiante começam outras preocupações: como é que vou modificar um material, melhorar suas caraterísticas, adequar certas características a outros materiais, etc., se eu não conheço como é esse material em sua natureza íntima? Foi isso que os alquimistas queriam fazer: permaneciam nas características externas, e com isso não eram capazes de modificá-los de acordo com as novas características que sonhavam! Faziam mais ou menos misturas para ver o que ia dar... Hoje não! Hoje podemos planejar as características, as quantidades e adequar as metodologias, graças ao conhecimento químico já existente.*

É importante, como técnica de trabalho em aula, não deixar que a discussão degenere para o desinteresse. Por isso, o professor deve, sempre, saber a hora de parar; isto muito antes das divagações inúteis. O aluno precisa sair instigado a pensar mais um pouco sobre o que foi abordado, desejar saber mais, e, para isso, a aula deve terminar ainda na ascendente, no caso, apontando para a potencialidade da química como ciência que ajudará cada um a viver melhor em seu meio, a compreender coisas das quais tinha antes apenas idéias difusas e assitemáticas.

O próximo passo será o estudo de um tipo de transformação, estudo mais detalhado, próprio da química, mudam todas as características ou todas as características anteriores que caracterizavam a substância deixam de existir, e nisso se enquadra a combustão. Por que?

A combustão é uma transformação claramente química, existe a idéia da interação de substâncias: combustível e comburente, combustível e gás oxigênio; existe a produção de substâncias facilmente identificáveis ou, ao menos, verificável a sua existência.

Vamos trabalhar muito a idéia de que as substâncias interagem entre si: um dos grandes problemas da aprendizagem química. As pesquisas mostram que jovens que tiveram química, praticamente, não pensam a química como interação entre microestruturas na matéria e vêem essa matéria como o estudo de estruturas atômicas, moleculares,... sem relacionar isso com a interação ou a explicação pela interação dessas estruturas nas transformações. O aluno pode fazer perfeitamente as estruturas moleculares usando o modelo de Lewis, mostrar a possível polaridade

da estrutura molecular e não se dar conta de fatos corriqueiros que se explicam exatamente porque a substância em questão é polar. Foi isso que se viu na questão que a Sara elaborou para seus alunos. É aquela questão de juntar tetracloreto de carbono e água, formando duas fases distintas, adicionou iodo e uma das fases torna-se intensamente colorida. A Sara quis, com essa questão, que os alunos fizessem as fórmulas estruturais, mostrassem a existência, ou não, da polaridade na molécula, se dessem conta que as substâncias se misturam melhor ou se misturam ou se dissolvem bem quando as moléculas têm natureza semelhante (apolar com apolar, polar com polar...). Muitos alunos fizeram as estruturas, mostraram a polaridade, mas não vão conseguiram explicar a cor mais intensa em uma das fases. Por que? Porque precisam relacionar uma característica a nível estrutural com um efeito visível ou macroscópico. O químico pensa assim, o conhecimento químico permite pensar assim, permite pensar o que está atrás das aparências. É isso que desejamos com o estudo de química. Então, mesmo sabendo que muitos alunos vão ter essa dificuldade inicial, essas questões devem se abordadas, justamente para mostrar a necessidade de fazer as relações a nível macro e microscópico. Aí está uma das essências do conhecimento químico.

Sobre combustão não precisamos aqui fazer grandes discussões. Queremos jogar com o conhecimento químico, ao introduzi-lo nessa transformação. Já na linha do conhecimento estruturado e sistemático. Eu quero que o aluno saiba as substâncias de partida e as substâncias finais. Tenho uma situação de início e uma situação final em termos de substâncias. Substâncias deixam de existir para aparecerem outras. O processo é a combustão. Representamos isso como Reagentes que pela interação e em certas condições, deixam de existir para dar lugar a outras substâncias, os Produtos da transformação. A representação, a linguagem química para isso é:

Reagentes $\Rightarrow$ *Produtos.*

Essa representação não é evidente em si! Ela tem significados que para nós professores estão claros, mas que, para os alunos, estão apenas em fase inicial de constituição. E aí entra o nosso referencial teórico, o da tendência sociocultural. Nós temos de intermediar os significados. Ou seja: os significados para essa transformação e sua representação, serão intermediados e mediados, através da linguagem, de símbolos, de palavras, de sinais. Haverá uma negociação de significações, usando as palavras convenientes para a construção de um conhecimento específico. Essas palavras são novas, muitas vezes são símbolos químicos... São palavras que eles [apenas] começam a entender. Primeiro o aluno entende um significado, um sentido que está, ainda, muito presente no professor e pouco presente nele... Quando o professor diz Reagente, isto tem um sentido muito diferente daquele que o aluno [pode ter]. Mas este começa a usar as "palavras" Reagente, Produto, e a representá-la quimicamente ou por sua fórmula química. [Com isso] o aluno vai adquirindo o significado e o sentido que o professor dá. Isso não vai se dar de uma vez como se dá a definição e ele vai sabê-la com a mesma

significação que eu tenho... Isto não é possível! Ele vai constituindo significações, devagarinho...

Sara: Deixa eu contar o que aconteceu hoje: eu pedi para calcular ΔH, e eu inverti a questão e pus assim: dava a Entalpia de formação do SO_3, do SO_2. e pedia para calcular o ΔH da reação: $SO_3(g) \Rightarrow SO_2(g) + 1/2O_2(g)$. Não foi um aluno! Foram vários que vieram e disseram: não está invertido? Os reagentes não são SO_2 e $O_2(g)$?... Eu falei: por que? A gente não está acostumado que reagente é o que vem antes da flecha e produto o que vem depois? Mas... aqui têm duas substâncias formando uma. Está invertido... De uma vai dar duas?... Eles acharam que eu tinha colocado ao contrário, e fizeram o ΔH pensando essas duas substâncias (SO_2 e O_2) como reagentes!... Isso no terceiro colegial!

Ângela: Não foram só os seus alunos. No começo, quando falei de cinética [química] também, aconteceu [a mesma coisa]... Eles têm aquela idéia de duas coisas formar uma só, para reação química.

Sara: Então, o produto é uma coisa só para eles, partindo de duas... Mesmo que você tenha dado várias reações de..., eu dei vários exercícios de combustão, então eles sabem que há um combustível que reage com $O_2(g)$, formando CO_2 e H_2O. Eles não estavam vendo que nos produtos havia duas substâncias? Dois reagentes e dois produtos... Agora, ter um reagente e dois produtos eles já acharam que era invertido...

Otavio: Você falou assim: reagentes é o que você ***mistura*** *para produzir uma coisa....*

Sara: Para produzir os produtos da reação...

Otavio: Às vezes a gente não mistura... Já é uma só substância! Pode ser que a gente esteja introduzindo, no ensino, alguns problemas para eles. Importante é que isso deve aflorar entre nós, temos de discutir [essas coisas]! Eles têm a idéia de justaposição muito forte: mistura duas coisas e forma uma só, (e pode ser que nós a tenhamos introduzido pelo nosso ensino). Por isso, começamos com uma reação química que não é uma síntese....

Ângela: A própria idéia de reação para eles é sempre duas formando uma ou mais substâncias. Nunca uma podendo gerar duas, três ou mais substâncias...

Otavio: Você também notou isso, Ângela?

Ângela: Sim.

Otavio: Então, isso reforça, mais ainda, a idéia de combustão como uma boa forma de introduzir a química! Deixaríamos de reforçar a concepção de justaposição, muito presente nos alunos em química... Vamos partir de combustíveis, materiais bastante conhecidos deles... À medida em que esses materiais vão tendo uma representação clara e única, passaremos a chamá-las de ***substâncias***,... *Eles logo vão ver que quando um material tem um representação química clara, que se repete sempre, tem uma designação clara e que pode ser representada por uma linguagem claramente definida, no caso por uma fórmula química ou uma simbologia química, vamos chamá-la de* ***substância***... *Esse conceito (de substância) começa a ser negociado,*

mediado por uma linguagem, uma simbologia, uma fórmula. Nessa negociação com os alunos, o professor tem uma autoridade natural, da qual não vamos poder fugir... Essa autoridade natural vai se traduzir em argumentação [pelo conhecimento já estruturado presente e que constitui socialmente o professor de química]. Não é uma simples imposição de uma simbologia, mas uma negociação, onde o professor está numa posição especial, ele conhece, é uma autoridade na função... É também uma situação provisória: logo novos significados vão sendo agregados e aquela simbologia começa a ser decodificada e começa a ter novos sentidos... Às vezes acontece de o aluno dizer: mas por que eu vou ter de aceitar que a representação é assim, não outra?... Aí você pode responder: isso eu já estou trazendo como conhecimento que a humanidade já produziu e ele se representa desta forma e é mais conveniente de fazê-lo assim. Com o tempo [o aluno] vai vendo que esse conveniente tem fundamento. Não dá para provar tudo desse o início, do contrário não se sairia do lugar, não teria um ponto de partida. O ponto de partida é uma negociação entre o professor que tem uma autoridade conferida pelo conhecimento, pela conquista dele já numa outra interação com outros professores, a cultura escrita... Temos de ter clara a idéia de que nunca vamos impor nada, mas que vamos negociar como autoridade, [numa posição] diferente do aluno. Não adianta nós escamotearmos essa realidade! A relação de professor/alunos é também uma relação de autoridade. Só que nós temos de evitar sempre que seja um simples autoritarismo, [e fazer com] que seja uma negociação...

Sara: que não seja um imposição!

Otavio: Exato! Ela deve ser negociada, o aluno vai aceitar a autoridade do professor, mas ele vai ter de enxergar a consistência. Vai enxergar para onde está sendo conduzindo ...

Por isso falo: mediação sim, mas mediação em níveis diferentes, onde o sentido das palavras, o sentido das fórmulas, o sentido dos conceitos, os seus significados, estão em nível mais alto na mente do professor do que na mente do aluno, mesmo que ele use a mesma palavra, a mesma fórmula, o mesmo conceito. É uma ilusão pensar de que o aluno adotando os conceitos vá ter os mesmos significados, os mesmos sentidos que o professor! Ele vai ter aquele sentido mais genérico, menos científico, menos profundo... Mas ele vai usar [a mesma palavra] e esse uso vai lhe permitir formar o pensamento químico, organizar o pensamento... A química trabalha muito com uma nova linguagem, ela usa e abusa da linguagem... Então, vamos ter de fazer um núcleo de palavras [por onde o aluno vai poder se mover com segurança]. Quando o professor fala ***substância****, por exemplo, o aluno deve começar a pensar sobre ela como o fazemos pela química. Quando ele fala,* ***transformação de uma substância****, ele fala transformação de uma forma muito genérica, e que, depois de negociado pela linguagem, pela palavra, pela equação química, o aluno vai começar a perceber [a transformação como a percebemos pela química]: alguma coisa nova se forma em uma transformação química e que é representada [de forma específica]. A representação, a fórmula química, é* ***diferente***

se olhado os produtos e os reagentes de uma equação química. Então, vamos usar a linguagem química desde a primeira aula! Vamos começar a falar de um combustível simples, muito conhecido, e sugiro que seja o álcool comum.... Você já pode [introduzir outros nomes para] álcool comum: álcool etílico, etanol, álcool das bebidas alcoólicas... Mostrar que este álcool pode sofrer a combustão ou pode ser queimado sob certas condições...

A idéia é essa: álcool comum sofre combustão e isso é uma reação química, que vai nos ajudar a compreender melhor o que vai acontecer em outras situações. *É uma transformação química e, ao dizer isso, você está usando um argumento de autoridade. Você está dizendo que a combustão é uma transformação química... Com o tempo o aluno vai começar a compreender por que ela é química e como é a transformação química... E as condições para acontecer a combustão? O aluno já pode contribuir, pela vivência que tem. O que ele vai dizer?*

Sara: [precisa] o fósforo para iniciar...

Otavio: É claro, ou faísca, ou chama inicial... Eu preciso começar essa combustão, e esta é uma condição. Já começa a problematizar: precisa manter o fósforo na superfície do álcool ou, depois de começar, ela continua? A vivência dos alunos dará a resposta. A forma de conduzir a aula depende de cada um e da turma... Aqui fica só a idéia de iniciar a reação... É claro, para nós vêm todas aquelas idéias da cinética, energia de ativação, barreira de energia... Para o aluno fica só a idéia de iniciar... Ter diante dos alunos a garrafa de álcool, na mesa do professor [e referir-se àquele álcool concreto]... Ao dizer que precisa o fósforo, provavelmente, o aluno para por aí para especificar as condições. Coloca, então, um pouco de álcool em uma tampinha de garrafa, por exemplo, e pergunta, após iniciar a reação de combustão: quando é que ela termina? quando termina a reação?

Vejam que vocês começam a usar naturalmente e sempre mais a palavra reação. O aluno responde o que?

Todos: quando acabar o álcool...

Otavio: Isso! Faz então uma atividade em que coloca um pouco de álcool em duas tampinhas de garrafa e inicia a reação de combustão. Uma delas cubra com um recipiente de vidro.

Nessas aulas iniciais eu acho mais interessante você colocar o aluno em torno de sua mesa e você ir conduzindo as atividades ou pedir a um aluno que as execute sob a sua orientação. Melhor é na sala de aula normal... Não é a técnica de laboratório que interessa para esses meninos e meninas... Interessa o conceito de transformação, aprendizagem química geral.... 99% deles nunca precisarão usar qualquer dessas técnicas químicas de laboratórios de química. Não precisa se preocupar com as pequenas falhas nas técnicas, uma vez que você não utilizará nada complicado ou perigoso para o aluno... Aquela pretensão dos químicos de fazer de todos os seus alunos técnicos perfeitos não cabe em uma escola como essa... Nós temos de saber! É claro que se dissermos a eles: olha, é melhor assim... podemos até despertar vocações de químicos futuros, mas não é este o objetivo

mais importante. (...) A seguir mostra que apenas precisa começar a reação de combustão e ela só termina quando termina o álcool... Agora basta cobrir uma das tampinhas com o vidro e criar o impacto! Eles vão ver que ainda tem álcool e, no entanto, a reação não continuou mais...

O que se quer com isso? Criar a idéia de que existem duas coisas, duas substâncias em interação ou duas condições para que a reação se processe ou continue se processando: além de iniciar a reação é necessário que tenha ar, ou seja, tenha um dos componentes do ar e que é o gás oxigênio e que tenha álcool para queimar... Na sala há bastante ar e ele mantém a combustão até queimar todo o álcool da tampinha e muito mais. Ao cobrir com vidro, a coisa muda e a combustão cessa, embora ainda tenha álcool para queimar... Falta o ar, o gás oxigênio, a outra substância reagente... Isso dará também a primeira idéia de quantidades de reagentes... Dá a idéia, você não vai explorá-la, a não ser muito preliminarmente... Há quantidades certas de interagirem as substâncias, no caso álcool e gás oxigênio.

Se você quiser fazer com que eles conduzam a atividade [e explorem essa questão da quantidade de ar ou de gás oxigênio], eles podem realizá-la da seguinte maneira: pegar frascos de vidros comuns, de três tamanhos diferentes, e cobrir uma vela pequena acesa com esses frascos de três tamanhos diferentes (grande, pequeno, médio) e contar o tempo que leva para apagar a vela. Ao cobrir a vela acesa, a chama deverá estar mais ou menos estabilizada, para não interferir no tempo... O aluno firmará melhor a idéia de quantidade de gás oxigênio presente em mais ou em menos ar dentro do frasco...

Graça: Nós já fizemos isso em uma aula de combustão e eles chegaram à conclusão disto mesmo sem fazer. Eles disseram: professora, e se pegar um frascos maior, leva mais tempo para apagar? Eles mesmo respondiam... Nessa mesma atividade fizemos o reconhecimento de um produto da combustão, a água.

Otavio: Como reconheceu a água?

Graça: Com tornassol. Pingava uma gota de água nesse papel, comparava com o que acontecia quando esfregava o mesmo papel no interior do frasco com que se cobrira a vela acesa...

Otavio: De tornassol ou papel de cloreto de cobalto, Graça?

Graça: Não, de tornassol...

Otavio: Mas por que papel de tornassol? Eu não entendi...

Ângela: Por causa do ácido....

Otavio: Mas qual o ácido que está aí?

Graça: Por causa do pH neutro da água... Da cor do papel...

Otavio: E o gás carbônico que estava junto aí no frasco?...

Graça: Ah! O gás carbônico... depois fizemos [o seu reconhecimento, também].

Otavio: Sim mas, ele não muda o pH no caso? Eu acho que tem um equívoco aqui... Você deveria dar uma olhadinha no roteiro que seguiram... O que a gente pode usar para testar a produção de água é o cloreto de cobalto. É azul quando seco e em

contato com a água fica rosa... Não tem sentido usar papel tornassol, pode até mudar a cor em contato com a água, mas fará o mesmo em solução de base forte...
Sara: Não pode ser álcool o que ficou condensado no interior do frasco? Não muda a cor do papel de cloreto de cobalto também?...
Ângela: Não, álcool não...
Graça: O vapor do álcool? Também , pode ser...
Sara: Como é que você vai provar para o aluno que aquele negócio que condensa no frasco é água e não álcool? Não poderia ser álcool que evaporou e condensou? (...)
Otavio: Os alunos devem receber o papel de cloreto de cobalto bem azul no momento do teste... Esse sim funciona e tem sentido usá-lo. O tornassol não tem sentido...
Ângela: Eu não sabia sobre o tornassol, estava no roteiro, coloquei...
Graça: Eu nunca fiz com papel de cloreto de cobalto. Então, se passar esse papel azul no interior do frasco vai ficar de que cor?
Otavio: Vai ficar rosa....
Sara: É que nem os "galinhos" do tempo... Indica umidade maior ou menor... Mas nós vamos testar esse papel cobrindo o álcool, como é que fica?
Otavio: O mesmo se pode fazer com a vela, parafina, para testar os produtos. [A produção de gás carbônico nessas reações de combustão é confirmada pelo testa da água de cal]. (...) Mas vamos com calma... Tem muita química aí.... Temos que pegar a experiência, trabalhar um conceito fecundo, trabalhar a questão da linguagem, porque esta vai ser a mediação de organização do conhecimento químico, para que de fato percebam que existem materiais, que esse materiais são constituídos de substâncias diferentes e que cada substância tem uma representação e que vamos usar como simbologia química. Está? Essa é a idéia... Não adianta nada nós entrarmos em ativismo prático... que disso não resulta nada! [Até aqui colocamos a questão de que há quantidades certas nas interações entre substâncias químicas e de que cada substância tem uma determinada representação química ou fórmula química].

Depois começa a listar outros combustíveis, com a participação dos alunos... Importante: não se deixem levar pela tentação que os químicos costumam ter em acertar coeficientes nas equações químicas que representam as equações de combustão do álcool, parafina e outros combustíveis... Os alunos não sentem necessidade disso! Isso é um assunto que só preocupa a nós. Haverá a hora de fazermos o acerto dos coeficientes.

Se alguém perguntar [sobre isso] diz que ele pode fazer se souber, mas que ainda não é importante. O importante é que ele veja os reagentes em interação, suas representações químicas, sempre acompanhada pelo nome usual ou científico, e que há uma ***representação da transformação*** *que chamamos* ***equação química****... Também estamos acenando para a primeira idéia de* ***conservação****. A transformação química tem algo que muda, se transforma... mas tem algo que se conserva. É a conservação dos símbolos químicos. O primeiro significado seria: eu não posso ter*

símbolo (letras) diferente nos produtos daquele que aparece nos reagentes. Se os reagentes são $C_2H_6O(l)$ e $O_2(g)$, é muito fácil mostrar aos alunos que há três símbolos diferentes: C, H, O. Só esses, não outros, podem aparecer nos produtos...

Fazendo a listagem dos combustíveis [com a participação dos alunos] aparecerão muitos: gás de cozinha, gasolina, óleo diesel, querosene, metanol, madeira, papel... Cabe a você representar por fórmula química representativa esses materiais, reforçando a idéia de que cada um é uma mistura e que pode ser representada de forma ideal por uma substância única ou duas... Ex.: gás de cozinha. É uma mistura mais ou menos complicada de substâncias, mas os dois componentes principais são propano ($C_3H_8(g)$) e butano ($C_4H_{10}(g)$); madeira (celulose ou $(C_6H_{10}O_5)_n$. etc. Vocês vejam que a palavra ***substância*** *está sendo usada naturalmente, sem definições; os significados estão se formando. O mesmo vale para o conceito de* ***mistura****... Não há a necessidade de fazer definições na introdução... Ele vai percebendo que cada substância se representa com uma simbologia específica e que é representativa daquela substância... É importante que apareça também carvão, basicamente C(s) e gás hidrogênio, $H_2(g)$ (propulsor de foguetes espaciais americanos), gás natural, representativo pelo metano, $CH_4(g)$...*

Discutir, a seguir, sobre o que tem em comum todas as fórmulas representativas desses combustíveis... Logo verão que é C e H como símbolos que se repetem... Quando esses combustíveis queimam ou sofrem combustão, eles interagem com o gás oxigênio e produzem compostos com esse oxigênio, produzem $CO_2(g)$ e $H_2O(l)$. Vejam que é o símbolo ou elemento presente nas fórmulas representativas dos combustíveis que constitui agora a fórmula dos produtos formados (informar que é a combustão completa, onde não falte gás oxigênio). Apontar para o fato de que a ***interação*** *entre as substâncias acabou produzindo substâncias novas dos elementos constituintes da substância combustível com o oxigênio ou o símbolo O que constitui a substância gás oxigênio.*

Nesse momento, no início do ensino de química, o aluno já será capaz, e ele deverá ser incentivado a fazê-lo, de escrever equações de combustão de : C(s), $H_2(g)$, $CH_4(g)$... Nesse momento é fundamental que observe a escrita correta das fórmulas das substâncias que ele sabe que se forma: água (H_2O), quando houver H no combustível e gás carbônico (CO_2), quando houver C no combustível...

Podemos, agora pegar muitos outros elementos, Mg(s), Ca(s), Fe(s)... e mostrar que eles também sobrem combustões, formando compostos na interação com o gás oxigênio. Muitos outros elementos, praticamente todos, fazem compostos com oxigênio. Esse grupo enorme de compostos, de grande importância prática e química, recebe um nome especial, os ***óxidos****. Em outro momento você vai propor um estudo sistemático dos óxidos, o que acontecerá no programa de vocês, na metade do ano na segunda série do ensino médio.*

Graça: A idéia que eles têm de combustão é só a formação de CO_2 e H_2O.

Otavio: Por que? Por que foi empurrado isso [na escolarização anterior]...

Graça: É.

Otavio: Agora eles vão ter uma nova concepção...

Graça: Eu já trabalhei isso daqui com eles... Trabalhei em uma classe e eles se interessaram bastante. Aí eles falaram que a combustão produzia CO_2 e H_2O. Aí falei: vocês queimaram o magnésio, Mg(s), como é que me explicam a formação de CO_2 e H_2O. Cadê o Carbono, C, e o hidrogênio, H, nos reagentes?

Otavio: É isso... Põe mais uma dificuldade, por exemplo $C_2H_6S(g)$, uma mercaptana. Deve aparecer outro composto de oxigênio... Pode-se entrar no problema da presença do enxofre (S) nos combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral...), os problemas com o meio ambiente devido à presença do $SO_2(g)$ como produto de combustão desses combustíveis

Graça: Vou até anotar isso...

Otavio: É uma mercaptana, adicionada ao gás de cozinha, para dar o cheiro que permite detectar vazamentos, mesmo pequenos... Veja, quanta química esse pessoal do primeiro ano vai aprender, já nas primeiras aulas. Você está usando uma linguagem [para organizar o pensamento]. Não está usando aquela idéia de que dois formam um. Está formando uma idéia da interação do oxigênio com os outros elementos, e que formam um grupo de substâncias muito importantes e que são os óxidos.

Graça: Inclusive, eles fizeram no laboratório... Todas as minhas classes já viram, e eles falaram aquele negócio do álcool [que desaparece na reação]. Eu falei: escuta, que cheiro ficou no laboratório? alguém sentiu cheiro de álcool? [E eles]: é mesmo! Então, o álcool com o oxigênio formou novos compostos... O cheiro de álcool acabou. Eles estão contentes... Isso aqui foi bom, e a gente pode até pensar em um esquema aí de alterar [o nosso roteiro que vínhamos desenvolvendo]. Eles vieram [para o laboratório], leram o roteiro, fizeram os experimentos, alguns já se saíram melhor, outros ficaram atrás de mim o tempo inteiro: e agora, o que faço?... Quando comecei a trabalhar em sala de aula, eu não tinha trabalhado a combustão em sala de aula, viemos para o laboratório, havia discutido com eles só o roteirinho, expliquei o que a gente ia fazer e viemos... Quando voltei para a sala de aula a coisa começou a fluir...

Otavio: A discussão é uma das melhores formas de aprendizagem. A argumentação, a palavra.... Às vezes se pensa que é a experiência maravilhosa. Não!... Só ela não leva à aprendizagem. A discussão é que leva à aprendizagem. É lógico que isso se dá sobre uma base e essa base (experimental ou não), pode ser feita junto, antes... Eu gosto de conduzir a discussão junto com a realização das práticas... Vocês podem, inclusive mudando os roteiros, fazer outros,..., à medida que acharem que por aí vai ser mais interessante.

Graça: Ah, sim! Nós já mudamos bastante... Do ano passado para esse já esquematizamos novas práticas...

Otavio: Nós temos que ser, realmente, fecundos. Não podemos parar no tempo. Vocês vão ver como vamos avançar rápidos. Se as idéias estiverem bem claras vamos mais longe e mais rapidamente. Está bom?

III.4.1 - Novas ênfases no programa de química - um olhar sobre o trabalho desenvolvido na 1ª série do ensino médio -

A nova base teórica de ver e entender conceitos básicos da atividade do magistério, como aprendizagem, ensino, química, papel do aluno e do professor, em elaboração no grupo, permitiu a criação de um programa de ensino e que foi aplicado pelas professoras nos anos de 1995 e 1996.

O programa de ensino de química para o 1º ano do ensino médio, desenvolvido e proposto na forma de unidades e sub-unidades pelas professoras, no início do ano letivo de 1996, foi o seguinte:

UNIDADE 1 - TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS
- 1.1- Estudo de algumas transformações químicas
  - a) Apresentação de normas de segurança e reconhecimento de materiais utilizados no laboratório
  - b)Listagem de materiais naturais e artificiais.
- 1.2 - Combustão
- 1.3 - Óxidos
- 1.4 - Alguns aspectos quantitativos nas Transformações Químicas
- 1.5 - Natureza corpuscular da matéria.

UNIDADE 2 - USOS DOS MATERIAIS
- 2.1 - Metais: as duas formas usuais de encontrarmos os metais
- 2.2 - Metais: estudo de propriedades e questões econômicas.

UNIDADE 3 - ESTUDO SISTEMÁTICO DE MODELOS ATÔMICOS
- 3.1 - Condutividade elétrica dos metais e modelo de Thomson
- 3.2 - Modelo atômico de Rutherford
- 3.3 - Modelo atômico de Rutherford-Bohr
- 3.4 - Sistematização da Tabela Periódica.

UNIDADE 4 - GASES: NOVOS MODELOS DE EXPLICAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA
- 4.1 - Comportamento Físico dos gases
- 4.2 - Conceito de mol
- 4.3 - Estudo das relações entre variáveis de estado
- 4.4 - Teoria cinética dos gases
- 4.5 - Estequiometria.

UNIDADE 5 - MODELOS DE LIGAÇÕES QUÍMICAS
- 5.1 - Substâncias iônicas
- 5.2 - Substâncias moleculares.

Conceitos básicos a serem desenvolvidos:

-Como ocorre uma transformação química
-Criar modelos em micro-escala que explique o que acontece em macro-escala
-Exploração do aspecto representacional e o desenvolvimento da linguagem química.

Habilidades Cognitivas a serem perseguidas:

-Desenvolver a capacidade do aluno para atuar sobre o meio ambiente transformando-o em seu proveito, pondo-o a seu serviço e assegurando a possibilidade de uma adequada adaptação da vida no seu cotidiano.

O programa propostoo pelas professoras é, na verdade, modesto, expressando muito menos do que elas já faziam no segundo ano de interação no grupo (1994), e mantêm, ainda, algumas características de um programa tradicional de ensino de química. Na Unidade 1, por exemplo, aparece o item: **normas de segurança e materiais utilizados no laboratório**, apesar de termos discutido, diversas vezes, no grupo, sobre a inutilidade de desenvolver esses itens fora dos contextos da química experimental. Aparentemente, as professoras ainda não abriram mão desses itens, com certeza, fortemente influenciadas pela sua formação ambiental anterior e, também, pelo trabalho que vinham desenvolvendo. O mesmo se pode dizer da Unidade 3, na qual procuram desenvolver um **estudo sistemático dos modelos atômicos,** numa seqüência mais ou menos tradicional, dando uma visão histórica do desenvolvimento dos modelos, mas fora do contexto em que eles deveriam aparecer. Na mesma unidade mantém, ainda, um item que se refere à **sistematização da tabela periódica**, e que parece estar fora de uma lógica. Em nossas discussões no grupo, procuramos desenvolver a idéia de introduzirmos modelos de explicação, ou sistematizações como a tabela periódica, à medida em que isso fosse necessário para a compreensão da situação em estudo ou para a melhor formação do pensamento químico. Nunca desenvolveríamos um conceito além da necessidade para a qual a situação o exigisse. Assim, falaríamos dos materiais de laboratório, equipamentos, vidrarias, reagentes, etc., à medida em que estivessem sendo utilizados com um fim específico. O mesmo valeria para as normas de segurança: elas seriam abordadas e discutidas à medida em que iríamos executar uma tarefa ou em que teríamos uma situação em que elas fossem necessárias. Os modelos atômicos seriam introduzidos na medida da necessidade por explicações que um modelo anterior não desse mais conta.

Há, no entanto, alguns avanços consideráveis no programa proposto pelas professoras e que passo a analisar mais detalhadamente.

Segundo a nossa base teórica, para organizar um programa de ensino de química teríamos de identificar **situações de alta vivência** dos alunos para que, sobre elas, pudessem formar o seu pensamento químico mediado pela ação do professor e pela linguagem química. Era necessário, também, que as situações permitissem desenvolver um conjunto de conceitos químicos importantes e centrais na constituição do pensamento químico moderno junto aos alunos e que, por isso, passei a chamar de

situações conceitualmente ricas. Há, no programa proposto para o 1º ano, pelo menos três situações dessas: estudo da *combustão* como transformação química; o estudo dos *metais* na forma usual (forma metálica) e na forma de compostos químicos; estudo introdutório sobre o comportamento físico dos *gases* e sua participação nas transformações químicas.

Essas situações foram escolhidas dentro de um certo *senso (consenso) pedagógico* sobre quais conceitos é possível estruturar um pensamento químico inicial ou, mais precisamente, quais conceitos devem ser ensinados na química introdutória do ensino médio. A ruptura feita com o programa tradicional está no fato de o novo programa não mais se estruturar em uma seqüência de conceitos que, geralmente, são desenvolvidos na forma de definições e exemplos, como ocorre nos livros didáticos tradicionais, e sim em apresentar situações adequadas para desenvolver um conjunto de conceitos químicos para pensar "quimicamente" sobre as situações escolhidas. Além disso, há a preocupação de superar a dicotomia teoria/prática através do desenvolvimento de um programa único de química no qual as práticas são produzidas e realizadas à medida em que se desenvolve o conteúdo químico. Passa a haver uma química única! A experimentação torna-se integrante do programa e não pode mais ser omitida sob pena de o programa perder o seu sentido.

A idéia de *transformação química* permeia todo o programa e os primeiros significados para ela são atribuídos em uma interessante discussão sobre os materiais que compõem o meio próximo dos alunos. Ao refletirem sobre *materiais naturais* e *materiais artificiais*, os alunos passam a perceber um mundo constituído por materiais já transformados pelo conhecimento químico aplicado. A produção de uma tinta que cobre móveis e paredes, as roupas com fios sintéticos e multicoloridas, os polímeros nas mais diversas formas, os metais como o alumínio, o ferro, o cobre e o zinco, os papéis que constituem os livros e cadernos, o vidro das janelas, etc., são todos materiais cujas características são produzidas a partir de um conhecimento especial sobre a matéria e que chamamos conhecimento químico. Produzir qualquer um desses materiais exige conhecimento teórico ou prático ligado àquilo que se chama química. Há, por outro lado, um conjunto de materiais que são próprios do meio natural e se constituem assim sem a aplicação de um conhecimento do homem: os gases da atmosfera, a água, os componentes da terra, a madeira, rochas, etc.

Com essa primeira atividade, mais do que esperar uma separação rígida entre o que é natural e o que é artificial, é importante refletir com os alunos sobre a natureza específica de um conhecimento humano, constituído historicamente, e que

permite que alguém possa transformar materiais que existem para obter outros que a natureza não produz por si mesma. É o homem que busca modificar a natureza e produzir materiais com certas características desejáveis. Compreender isso, e saber fazer isso, é conhecer química! Realizar essa reflexão junto a uma classe de alunos permite a participação deles na constituição de uma das noções mais fundamentais no ensino de química: *o que é a química?* Longe de decorar uma resposta para essa pergunta, os alunos começam a ter o primeiro significado de química: ela tem a ver com a compreensão do meio em que se encontram e permite a sua transformação.

A - ***Primeira situação de alta vivência - análise rápida***

O contato mais sistemático com a *transformação química* é conseguido com o estudo da **combustão** sob o ponto de vista da química: a interação de uma substância combustível com a substância oxigênio do ar e sob certas condições. Desde o início é introduzido o modelo da equação química para representar a possível transformação que ocorre, com os termos *reagentes* e *produtos* da reação química ou da transformação química. Cada substância envolvida é identificada por alguma característica concreta e representada por uma fórmula química. Isto visa a permitir a constituição do *pensamento químico* sobre as transformações e a atribuição dos primeiros *significados* aos signos químicos e/ou à linguagem química e a formação do conceito de *substância*: cada substância química é representada por uma fórmula química e possui uma série de características que lhes são prórprias (Maldaner e Piedade, 1995 :15-9). Nessa fase da formação dos alunos é suficiente conhecer alguma característica ou propriedade de algumas substâncias para que a primeira noção se constitua. Isto é possível pelo uso da simbologia química ou da fórmula química que representa a substância. A partir dela os alunos foram capazes de pensar a transformação química em termos de conservação de átomos e de interações preferenciais entre átomos para a formação de novas substâncias.

No estudo da combustão, sob o ponto de vista da química, foi possível introduzir uma importante interação que acontece entre o *elemento* oxigênio (O) e os outros elementos presentes nos combustíveis comuns: carbono (C), hidrogênio (H), enxofre (S), etc. A interação entre esses elementos permite a formação de um grupo de substâncias binárias (constituídas de dois elementos) e que se denomina *óxidos.*

Partindo dessa idéia da interação entre os elementos químicos, nessa altura do programa com significado ainda muito restrito mas suficiente para identificá-los por

uma letra maiúscula, como C, ou uma maiúscula mais uma minúscula, como Fe, cria-se a importante idéia química inicial da *interação* entre as estruturas químicas microscópicas (elementos ou átomos) como responsáveis pelas características químicas das substâncias (em nível macroscópico) e da possível interação entre as substâncias.

Aprofundar o estudo da interação entre o elemento oxigênio e os outros elementos químicos foi a forma que achamos, no grupo, para uma primeira sistematização do conhecimento químico. Os alunos iriam identificar a presença de *óxidos* no meio próximo, observando a fórmula química e/ou o nome, fazendo a procura em rótulos de materiais como remédios, tintas, cosméticos, refrigerantes, águas minerais etc. Essa procura permite um contato amplo com a diversidade das representações químicas de substâncias, aguçando a curiosidade deles por mais conhecimentos. Procurar na *tabela periódica* o nome dos elementos químicos que constituem os compostos identificados foi o próximo passo. Logo a seguir, foi feita a distinção entre *elemento químico* e *substância elementar*. O agrupamento de elementos químicos em *metais, não-metais, gases nobres, semi-metais*, tornou possível a escrita das fórmulas químicas representativas das respectivas substâncias elementares. Metais e semi-metais, na forma M(s); gases nobres, na forma G(g); não metais, um grupo, comparativamente, pequeno de elementos nas diversas formas, como $F_2(g)$, $Cl_2(g)$, $Br_2(l)$, $I_2(s)$, etc. Logo aparecem as formas *alotrópicas* para elementos como oxigênio, na forma de gás oxigênio ($O_2(g)$) e na forma de gás ozônio ($O_3(g)$), ou do carbono C(s), na forma de C(diamante) e C(grafite), do fósforo (P), na forma de fósforo branco ($P_4(s)$) e fósforo vermelho ($P_n(s)$), etc.

A partir das representações das substâncias elementares o aluno será capaz de escrever as equações químicas de *síntese* dos diversos óxidos que forem sendo identificados no meio em que está pesquisando. Com isso a equação começará a ter novos significados, permitindo a introdução da *lei da conservação de massa* nas transformações químicas, a *lei da proporção em massa* na constituição dos *compostos químicos*, o *modelo atômico de Dalton* como unidade básica que se conserva nas transformações químicas, criando-se, também, um novo significado para *elemento químico*.

Essa descrição sucinta mostra que é possível propor um programa de ensino de química que se organiza, não numa seqüência de conceitos químicos isolados, mas num sistema de conceitos, ou seja, na forma de *conceitos científicos*. Desta forma invertemos a lógica dos programas tradicionais, a lógica de quem já conhece a

química, quando procuramos entender uma dada situação usando uma *linguagem* peculiar que, por sua vez, veicula os conceitos cujos primeiros significados começam a se constituir junto aos alunos, normalmente, mediados pelo professor. O sistema de conceitos está presente no planejamento do professor. Este tem em mente o sistema conceitual que deseja tratar junto a seus alunos. Por isso, a situação escolhida deve ser de *alta vivência* dos alunos e *conceitualmente rica*, como dissemos acima. É ela que vai permitir que o conhecimento químico se constitua na mente dos alunos à medida em que for analisada sob o ponto de vista da química. Os conceitos, ainda com significados restritos, começam a fazer parte da linguagem com a qual os alunnos analisam o contexto criado e conseguem organizar o seu pensamento.

B – *Segunda situação de alta vivência - análise detalhada*

A segunda situação escolhida pelas professoras aparece no programa como Unidade 2 - Uso dos materiais. Ela contempla o contexto dos **metais.** A essa altura do desenvolvimento do programa, os alunos já conseguem identificar elementos químicos metálicos, pelo contato inicial com a tabela periódica, embora o conceito de metal esteja, ainda, muito colado ao conceito do cotidiano. Os metais, para eles, são aqueles da vivência diária: o ferro Fe(s), o ouro Au(s), o alumínio Al(s), o cobre Cu(s), o zinco (Zn), o mercúrio Hg(l), o magnésio Mg(s), a prata Ag(s) e alguns outros. Quase todos na região central da tabela periódica, os *metais de transição*, e, mais precisamente, nos sub-grupos 8B, 1B e 2B. E isto não passou desapercebido pela professora Graça em cuja sala de aula fiz a observação do desenvolvimento do programa do primeiro ano. Os alunos citam, também, o bronze, e o aço, por exemplo, que possuem as características metálicas do cotidiano, mas não são substâncias elementares, ou seja, não são constituídos de um só elemento químico. O uso da tabela periódica, como **instrumento de mediação**, mostrou-se de grande utilidade na constituição de novas idéias que permitiriam, depois, a constituição do conceito de metais como substâncias elementares e elementos químicos, e permitiu constituir a idéia de *liga metálica*, simplesmente, porque esses "metais" não apareciam na tabela como elementos químicos. Por outro lado, eles não reconheciam como elementos metálicos o sódio (Na), o potássio (K), o cálcio (Ca), elementos mais à esquerda da tabela periódica. Esses elementos ocorriam nos compostos pesquisados em rótulos. Substâncias elementares de sódio Na(s), potássio K(s), cálcio Ca(s), etc., não são da vivência dos alunos e, por isso, não reconhecidos como metais. Mas a mediação pela

tabela periódica permitiu que logo fossem aceitos como elementos metálicos e, por conseqüência, com possível existência na forma de substâncias elementares metálicas, como o são os outros metais reconhecidos por eles.

Nas observações realizadas nas aulas, pude constatar, claramente, que a mediação, pela tabela periódica, permitiu "atribuir" com facilidade propriedades metálicas já conhecidas para substâncias elementares desconhecidas; mas, quando o conceito químico de metal tem outros significados que fogem à percepção do cotidiano, esses significados devem receber outras mediações. Este é, por exemplo, o caráter metálico segundo a concepção química! Ele foge do conhecimento do cotidiano dos alunos e é mais acentuado para os elementos como o césio, rubídio, potássio, cálcio, bário, etc., que dificlmente seriam reconhecidos como metais só a partir dos conhecimentos do cotidiano. Quimicamente, no entanto, possuem forte caráter metálico.

A atividade inicial, realizada nessa segunda situação de alta vivência dos alunos, foi a de identificar metais em seu meio próximo e, também, em rótulos de remédios e outros, procurando pelo símbolo químico que os identificasse. Logo perceberam que os metais estão presentes em nosso meio, na maioria das vezes, na forma de compostos, quando apresentam características que no conceito cotidiano não são reconhecidas como características de metal. Essa diferença é explorada no programa com uma série de atividades em que se confrontam as duas formas de ser do metal: *na forma metálica usual e na forma de composto químico*. Procura-se explorar, principalmente, a idéia da reatividade dos metais e a condutividade elétrica deles, tanto na forma metálica usual, quanto na forma de compostos em solução aquosa[31]. Isso permite criar a idéia de cargas elétricas na matéria, *elétrons semi-livres e íons,* como estruturas explicativas da condutividade elétrica dos metais e seus compostos em solução aquosa. A reatividade dos metais também pode ser explicada pelo modelo *cátion em solução x elétron semi-livre*, admitindo-se a troca de elétrons entre o cátion na solução e outro metal mais ativo ou reativo. A formação dos novos compostos, e sua separação da mistura reacional, permitiu introduzir o item, *misturas e separação de misturas,* normalmente presente nos programas e reconhecido como conhecimento técnico básico de um químico sempre solicitado a obter substância pura, isolando-a da mistura com outras substâncias.

[31] Ver, com mais detalhes, o livro: QUÍMICA I: construção dos conceitos fundamentais, pp. 43-60, Ed. UNIJUÍ, Ijuí, 1992. Autoria: Otavio Aloisio Maldaner.

Para testar, mais profundamente, o modelo da transferência de elétrons em reações químicas

envolvendo metais, decidiu-se realizar a atividade de construir uma pilha entre as substâncias metálicas zinco e cobre e os respectivos compostos sulfato de zinco e sulfato de cobre, ou seja, a pilha $Zn(s)/ZnSO_4(aq)$ // $CuSO_4(aq)/Cu(s)$. A interpretação do fenômeno, produção de corrente elétrica e identificação dos pólos negativo e positivo, permitiria consolidar o modelo da transferência de elétrons do metal mais ativo para o cátion cobre produzindo o cobre metálico, menos reativo dentro de nosso modelo.

A *natureza elétrica da matéria,* como uma das formas de pensarmos micro-estruturas na matéria, para além dos átomos, poderia ser reforçada com a proposta de realização de três reações de eletrólise em meio aquoso (HCl(aq); NaCl(aq); NaOH(aq)), usando eletrodos de grafite. A produção das substâncias elementares ($H_2(g)$; $Cl_2(g)$; $O_2(g)$), nessas eletrólises, poderia ser interpretada, igualmente, pelo modelo de transferência de elétrons entre estruturas químicas como possibilidade de explicar a produção de novas substâncias em reações químicas[32].

A sistematização de todos os dados obtidos nessas atividades envolvendo as duas formas usuais de encontrarmos os metais, a sua reatividade e, ainda, os fenômenos elétricos relacionados com as transformações químicas, exigiam um novo *modelo atômico* que contemplasse a existência de partículas com cargas elétricas positivas (prótons) e negativas (elétrons). Isso permitiu mediar a constituição do *modelo atômico nucleado*, com núcleo de massa de carga positiva e eletrosfera com partículas de carga negativa.

Partindo dessa idéia simplicada de átomo, uma idéia mais pedagógica do que de acordo com as crenças atuais da ciência, foi possível criar, igualmente, uma idéia simplificada de *ligação química* entre os átomos para explicar as fórmulas químicas representativas das substâncias utilizadas até aqui. O modelo baseou-se no fato da estabilidade maior adquirida na interação entre as eletrosferas dos átomos que se ligam para constituir as substâncias, tanto simples quanto compostas. Isto permitiu dar coerência à escrita das fórmulas químicas de substâncias até aqui utilizadas e, ainda, formular novas substâncias iônicas, moleculares ou covalentes. O modelo permitiu, também, explicar algumas propriedades das substâncias metálicas e a possibilidade de

[32] Essas duas atividades não foram realizadas por Graça, em 1994, porque o tempo não permitiria. Constaram, apenas, como atividades planejadas e que poderiam ser desenvolvidas em outros anos, desde que o tempo disponível assim o permitisse.

os metais fazerem ligas. A *tabela periódica* adquiriu novos significados, permitindo prever o tipo de ligação preferencial dos elementos tipicamente não-metálicos e metálicos, quando ligados entre si ou de forma 'cruzada'.

A preocupação das professoras em relacionar o estudo da química com o meio, para comprendê-lo e atuar com mais competência nele, manifesta-se com a introdução do item 2.2: Metais: Estudo de Propriedades e Questões Econômicas, no programa de ensino de química. Esse item foi desenvolvido pelos alunos na forma de uma pesquisa orientada pela professora, com distribuição de temas por grupos de alunos. Os temas propostos por Graça foram: *alumínio*: ocorrência, obtenção, utilização; *ferro*: ocorrência, obtenção, utilização; *metais nobres*: ouro, prata, cobre: ocorrência, obtenção, utilização; ligas metálicas: *aço* e novos materiais; ligas metálicas: *níquel/cromo* e novos materiais; poluição por metais; ligas metálicas: *bronze/latão* e novos materiais; *galvanoplastia*: visita a uma indústria, com roteiro prévio.

Para que esses trabalhos dos alunos se tornassem viáveis, Graça preparou uma pasta, colocada à disposição deles na biblioteca da escola, com artigos referentes aos assuntos da pesquisa. Essa pasta tornou-se necessária pela extrema precariedade da biblioteca escolar no que tange aos assuntos como esses que as professoras queriam desenvolver. Sem os materiais colocados nas pastas, e que incluiam fotocópias de .artigos, recortes de jornais também fotocopiados, informações técnicas de empresas, etc., os alunos teriam extrema dificuldade em realizar a pesquisa[33]. Os trabalhos desenvolvidos pelos grupos de alunos foram apresentados aos colegas, com promoção de debates entre eles. Desta forma, o conhecimento químico estava saindo do espaço escolar e começava a fazer parte da vida desses alunos.

Nos meses de agosto e setembro de 1994 foi desenvolvido o contexto da segunda situação de alta vivência: **os metais.** Em torno de 20 horas-aula foram acompanhadas por mim, filmadas em *vídeo* e gravadas em fitas *cassete*. Apresento, a seguir, as transcrições feitas a partir das fitas em áudio de alguns episódios de 4 dessas aulas, por serem representativas, tanto das idéias desenvolvidas no grupo na

[33] Essas carências das bibliotecas escolares são conhecidas de todos e elas se situam entre as carências gerais das escolas brasileiras e que nunca são enfrentadas com a devida atenção. É mais fácil mostrar as carências dos alunos, por aplicação de provas, do que admitir as carências e precariedades das escolas, na verdade, corresponsáveis por essa baixa qualidade educativa à qual já nos referimos. Esforços como os de Graça, e tantos outros professores, vão muito além dos compromissos profissionais de professor, e visam, tão somente, minorar um pouco os graves problemas educacionais decorrentes da falta de condições reais de trabalho dos professores. Faço essa nota em reconhecimento aos esforços das professoras, com as quais fiz a presente pesquisa, em dar alguma condição de trabalho escolar aos seus alunos.

perspectiva teórico-metodológica de desenvolvimento do programa de ensino de química quanto das novas crenças e práticas das professoras. Nessas aulas, Graça discute os resultados de uma atividade realizada em laboratório tentando superar a dicotomia teoria/prática, normalmente presente nos programas tradicionais de ensino de química, e utiliza a simbologia química para mediar a formação da idéia da existência de novas estruturas químicas em nível microscópico para dar conta dos fenômenos observados e analisados. Embora a simples leitura das transcrições apresentadas já permita perceber, com alguma clareza, a mediação da professora e dos signos químicos utilizados, bem como a interação que se estabelece entre a professora e os alunos e dos alunos entre si, na constituição do conhecimento químico ou, mais precisamente, na formação social do pensamento químico junto aos alunos, vou inserir alguns comentários para realçar detalhes que ilustram bem a preocupação da professora em desenvolver o seu trabalho com base nas concepções e teorias que estávamos desenvolvendo em nosso grupo de pesquisa tendo em vista a mudança das práticas educacionais segundo uma nova perspectiva teórica e metodológica: mediação pelo outro e mediação pelos símbolos químicos adotados.

Para que o leitor entenda melhor o contexto em que se deram os episódios a que se referem as transcrições, é necessário voltar-me para algumas situações que antecederam essas aulas.

Inicialmente, Graça solicitou que os alunos citassem metais que eram de seu conhecimento no cotidiano e procurassem na tabela periódica o símbolo dos metais citados. Logo apareceu a primeira dificuldade pois os alunos não encontraram nem o símbolo do aço e nem do bronze, ambos citados como metais de conhecimento do cotidiano. Esse fato permitiu introduzir a idéia de metal puro e de liga metálica, sendo o primeiro representado por um só símbolo químico e a liga metálica exigia mais de um símbolo químico e, ainda, a proporção porcentual em que aparece cada um dos metais na liga. Estava aí em jogo a negociação de novos sentidos químicos para o que seja um metal, uma mistura de substâncias e uma substância pura.

Com base na tabela periódica, gradativamente um instrumento adequado de mediação e organização do conhecimento químico em elaboração, Graça começou a chamar a atenção para a presença dos símbolos de metais em compostos que são encontrados em muitos rótulos de remédios. A aparência desses remédios, o visível ou o macroscópico, não tem nada a ver com esses metais na forma como são conhecidos no cotidiano dos alunos. Discussão semelhante ela fez sobre uma série de compostos com metais e o grupo químico sulfato, que aparece como SO_4 nas fórmulas

químicas. Para isso usou tanto os rótulos de remédios e outros, quanto os frascos de reagentes químicos do laboratório. Logo os alunos foram capazes de dizer o nome de compostos de metais na forma de sulfatos, nitratos, fosfatos, hidróxidos, etc. Por outro lado, aparecem muitos símbolos de elementos que os alunos não identificaram, com base no conhecimento do cotidiano, como metais, mas cuja presença é constante nos compostos de sódio, de potássio, de cálcio, etc. O significado químico de metal, uma construção histórica e de posse da professora, estava se constituindo em seus primeiros níveis e, conforme a nossa percepção e com base em Vygotsky (1988, 1987), em dois movimentos opostos e complementares, ascendente e descendente, para a concretude e para a abstração. Essa é a forma que torna possível a formação dos conceitos científicos, historicamente construídos, na mente dos indivíduos. Novas vivências do que seja metal, sob o ponto de vista químico, tornam-se, gradativamente, possíveis porque há a presença de um símbolo de um metal em substâncias que na vivência anterior não podiam ser pensadas como tendo a presença dele, como, por exemplo, no cloreto de sódio (sal de cozinha, no cotidiano das pessoas). A simples presença da palavra *sódio*, representada pelo símbolo químico *Na*, é pertencente ao grupo dos metais, está na forma de composto e, assim, com características que não tem nada a ver com o sentido *metal* do cotidiano, suscita logo uma rede de conceitos na mente do aluno, ou seja, lhe permite ver e falar quimicamente sobre o cloreto de sódio, antes apenas uma substância de seu uso diário e com características conhecidas no seu cotidiano.

O próximo passo dado pela professora foi o de testar uma outra característica de diferenciação e de semelhança entre o metal na forma usual, substância elementar, e o metal na forma de composto químico. A característica testada foi o da *condutividade elétrica* através de um equipamento simples, construído pelas próprias professoras, conforme esquema sugerido no livro Química I (Maldaner, 1992 :). Pela atividade da condutividade elétrica foi possível introduzir novos *objetos teóricos* para a compreensão do fenômeno produzido em aula: as **cargas elétricas** na matéria, na forma de *elétrons e de íons* (cátions e ânions). Esses objetos teóricos permitiram analisar a condutividade elétrica dos metais em sua forma usual e conhecida pelos alunos, introduzindo a idéia de *elétrons semi-livres*, na forma de partículas elétricas negativas que podiam se 'movimentar' como uma corrente de elétrons e que era detectada no fato de a lâmpada acender. Os mesmos metais na forma de compostos, todos sólidos nas condições ambiente, não conduziam eletricidade, ou seja, não permitiam acender a lâmpada ou não fechavam o circuito elétrico. No entanto, os

compostos de metais dissolvidos em água conduzem bem a eletricidade, o que permite postular a produção de cargas elétricas livres a partir desses compostos em solução aquosa, os íons, e que podem se movimentar conduzindo a eletricidade ou fechando o circuito elétrico.

É importante observar, aqui, que a introdução desses objetos teóricos ou de modelos químicos de explicação para um fenômeno, não significa que os alunos já dominem a significação completa deles. O significado mais próximo atribuído a esses objetos teóricos, como *elétrons semi-livres, íons, cátions, ânions,* etc., pela ciência química, permanece sob controle da professora. Isto poderemos ver nas inúmeras intervenções que a professora vai fazer nas discussões. Ela zela pelo significado mais próximo da ciência e negocia isso, constantemente, com seus alunos. No entanto, mesmo o domínio do significado inicial, ainda distante do significado científico, permitia organizar o pensamento deles sobre certas características dos metais, tanto na forma normal quanto na forma de compostos. A presença da professora, o zelo pelo significado científico, era fundamental para que o conhecimento químico pudesse se constituir. Aliás, é esse o papel social que cabe à professora assumir ou que ela acaba assumindo apropriando-se de uma *voz social* (Smolka, 1991). Sem fazer uma análise minuciosa, como faz Smolka em um episódio de sala de aula de 1ª série do ensino fundamental, vi semelhanças no papel atribuído à professora:

> **"Adulto e crianças, como professora e alunos, são os interlocutores/ protagonistas no/do evento ocupando posições assimétricas na instituição escolar. A fala da professora e o seu "poder" nesse falar abrem espaço e instauram um certo modo de interlocução"** (Smolka, 1991 :61).

Para aprofundar as diferenças entre um metal na sua forma normal ou na sua forma metálica do metal participante de um composto ou metal na forma de composto químico, Graça preparou um experimento, a partir dos estudos realizados no grupo de estudos e pesquisa, em que solicitava que os alunos colocassem10 mL de solução aquosa, concentração 1 mol de composto/dm^3 de solução. Essas soluções são conhecidas, entre os químicos, como soluções 1M. Dentro de cada frasco, enumerados de 1 a 6, solicitava que colocassem um pedaço de metal de tal forma que uma parte entrasse em contato com a solução e outra não. Os frascos 1 a 4 receberam solução aquosa de sulfato de cobre, $CuSO_4$(aq 1M), solução de cor característica com a qual os alunos já haviam entrado em contato em aula anterior, sobre a condutividade elétrica de soluções de compostos de metais; o frasco 5 recebeu solução aquosa de

sulfato de zinco, $ZnSO_4$(aq 1M), solução incolor, também já apresentada na aula anterior; e o frasco 6 recebeu solução aquosa de nitrato de prata, $AgNO_3$(aq 0,1M). Os metais colocados em contato com as quatro primeiras soluções foram, respectivamente, ferro ou Fe(s), alumínio ou Al(s), zinco ou Zn(s), cobre ou Cu(s). Nos frascos 5 e 6 também foi colocado Cu(s). Decorrido um certo tempo os alunos deviam descrever as mudanças observadas em cada frasco ou sistema. Esse tempo envolveu a própria aula em que os sistemas foram preparados e mais a aula do dia seguinte.

Graça: Como a gente já tinha combinado na aula passada, a gente vai discutir o que aconteceu naqueles seis frascos que vocês tinham preparado na aula de quarta-feira. Já na aula de quinta-feira, após um dia que os frascos estavam lá, vocês observaram alguma coisa, e verificaram o que tinha acontecido nos seis frascos. Eu espero que vocês tenham anotado o que aconteceu em cada frasco... Todo mundo pegando as anotações que vocês fizeram. ***Esse daqui*** *foi o primeiro frasco em que vocês colocaram a solução azul de sulfato de cobre e depois vocês colocaram preguinho e um pouco de bombril. Voltaram no dia seguinte, observaram o que tinha acontecido... Deixa eu colocar na lousa: no primeiro frasquinho vocês tinham: $CuSO_4$(aq) azul. Era uma solução de sulfato de cobre, portanto, vamos observar a solução sob [o ponto de vista do que] vocês já aprenderam: eu tenho metal cobre (Cu) ligado com o grupo sulfato formando a solução. O sólido $CuSO_4$(s) foi dissolvido em água formando a solução. No mesmo recipiente vocês colocaram o ferro sólido (Fe(s)), na forma de prego e/ou bombril. O que vocês observaram? O que aconteceu aqui? Que cor era a solução de sulfato de cobre?*

Aluno[34] : Azul

Graça: Depois que vocês colocaram bombril vocês notaram que a solução ficou quê cor?... Que cor ficou a solução?

Aluno: Cor de cobre...

Graça: Mas você não colocou cobre no frasco... Você colocou ferro...

Aluno: Ficou uma cor de ferrugem...

Graça: Eu vou colocar aqui [na lousa]... A solução ficou cor de ferrugem... E o prego e o bombril, como é que ficaram? ... O ferro ficou...

Aluno: coberto de cobre...

Graça: Olha aqui... Todo mundo está se lembrando... E o ferro como é que ficou? ... o prego, como é que ficou?

Aluno: enferrujado...

[34] Como foi impossível distinguir qual aluno dá a resposta tive que transcrever a resposta de algum aluno que a professora retoma em sua fala Na transcrição só aparece Aluno, que pode ser o mesmo ou outro na seqüência do diálogo. Às vezes aconteciam outras respostas, não muito claras na gravação, e que a professora deixou de retomar ou de falar sobre elas. Em algumas situações os alunos foram identificados por um nome fictício.

Graça: O prego ficou enferrujado... Bom pessoal... Vocês olharam a solução e acharam que formou ferrugem... Então vocês sabem que esse processo da "ferrugem" nada mais é do que uma reação muito lenta com o oxigênio do ar... Por exemplo, vocês vão em cidades litorâneas..., quem tem casa, ou quem vai passear na praia, obverva o que?...
Aluno: enferruja o carro...
Graça: O carro... O que mais? ... Dentro de uma casa...
Aluno: porta de ferro...
Graça: Porta de ferro. O que mais?
Aluno: Janelas de ferro...
Graça: O que mais?... E os utencílios domésticos, dentro da casa?
Aluno: Geladeira...
Graça: Geladeira... É comum você ver e achar ferrugem. Só que ali você não vê, praticamente, reação nenhuma. Você não jogou sulfato de cobre, você não jogou nada... Então, a ferrugem é uma reação mais lenta, tá... com oxigênio do ar...
Agora, o que que aconteceu [aqui]? Então, a solução que era azul ficou amarela. E o ferro, gente, como é que ele ficou?
Aluno: Com aparência de enferrujado...
Graça: Com aparência de enfrrujado, mas ele ficou desgastado... Não é um processo de ferrugem, porque a ferrugem é a reação com o oxigênio do ar... Então, ele ficou desgastado. Não ficou? O ferro não ficou desgastado? Ficou ou não ficou?
Aluno: Ficou...
Car: E ficou de que cor? A parte que ficou desgastado, ficou de que cor?
Aln: Avermelhado...
Car: Isso, avermelhado. Então: o ferro ficou desgastado e ficou avermelhado (na lousa).

Este primeiro momento da discussão, sobre o acontecido, mostra-nos uma porção de situações em que fica clara a mediação da professora, a mediação pedagógica, tendo em vista a atingir um certo fim e que é o de interpretar, na forma da química, o que está acontecendo na interação dos reagentes $CuSO_4(aq)$ e Fe(s). Essa mediação dá-se desde o apontar para o objeto a que se refere a discussão: **o frasco com a solução original de $CuSO_4(aq)$, azul, e o prego e o 'bombril', Fe(s), colocado lá dentro**. Ela se referia à **solução** original e a que resultou.

Solução é um conceito muito importante na química e as falas mostram que os alunos ainda não o dominam a essa altura do desenvolvimento do programa. A palavra, **solução**, é usada quando há a clara referência a uma situação em que ocorre uma mistura de substâncias como, por exemplo, sulfato de cobre sólido e água. Ou seja, há uma substância dissolvida na outra, ou dispersa na outra. É, portanto, um

conceito em constituição e é natural que os alunos o usem, às vezes, de forma inadequada. Ao responderem que a solução original era *azul* eles estavam se referindo à solução $CuSO_4(aq)$, mas quando responderam que ficou *cor de cobre* eles estavam confundindo com o precipitado de cobre que se dá na reação química acontecida. Esse precipitado não é solução, pois não está disperso, pelo contrário, está separado da solução nova que se formou na reação.

Sem se preocupar com a precisão dos termos, porque isso não era importante no momento, Graça diz: *você não colocou cobre... colocou ferro*! Essa frase parece bastante solta e não diz quase nada, mas orienta uma outra resposta de um aluno e que vai no sentido em que a professora quer levá-los: *ficou uma cor de ferrugem.* A professora aceita essa resposta porque isso serve aos propósitos dela. Sabe-se que essa *cor de ferrugem,* à qual o aluno se refere, de fato está presente tendo em vista, principalmente, porque já se ter passado uma semana desde que o sistema fora preparado. A ferrugem, no caso, é também um precipitado de óxido hidratado de ferro ou hidróxido de ferro, uma reação secundária que está ocorrendo no sistema. Não é, portanto, a resposta que a professora espera, mas vai na direção ou no sentido do que ela quer: **o ferro metal entra na solução (cor amarelada) enquanto o cobre, que estava em solução, precipita na forma de cobre metal (cor avermelhada ou cor de cobre).**

No entanto, os alunos insistem com a idéia do *enferrujado*! Talvez, por isso, Graça procure outra situação de vivência deles, casa na praia, para que distingam os dois fenômenos pelas diferenças que têm nas condições iniciais: um deles é um fenômeno natural que acontece na presença de oxigênio do ar + umidade do meio + ferro, é lento, imperceptível à observação visual em curto espaço de tempo; outro é um fenômeno provocado em laboratório com reagentes diferentes, a solução de cobre e o ferro. *'Você não jogou sulfato de cobre, você não jogou nada... Então, ferrugem é uma reação mais lenta, tá..., com oxigênio do ar'.*

Mesmo assim, os alunos não abrem mão da idéia de que o ferro ficou *enferrujado*. É a professora que introduz a palavra, segundo ela, adequada: **o prego ficou desgastado**. E ela diz que não é um processo de ferrugem porque não é uma reação do ferro com o oxigênio do ar, mas do ferro com a solução de sulfato de cobre. Ao perguntar, de novo, de que cor ficou a parte do prego que estava mergulhada e desgastada, o aluno responde: *avermelhado!* Essa resposta é aceita, de imediato, porque serve aos propósitos da professora.

O extrato deste episódio de aula, mostra, também, que a observação neutra, isenta das crenças do observador, distante das interpretações do observador, conforme visão e crença ingênuas sobre o que é uma observação científica, não acontece. A observação é dirigida pelo propósito da professora. Ela sabia que era assim que tinha que fazer para que a sua aula atingisse os objetivos propostos: o de interpretar, quimicamente, em nível microscópico, o que estava acontecendo nos diversos sistemas sob observação. Numa atitude pedagógica, dentro da visão ingênua de educação científica pela redescoberta, essa mediação não caberia. Dentro dos princípios teóricos e metodológicos que estávamos desenvolvendo, a mediação pedagógica da professora e a utilização dos conceitos e símbolos químicos passou a ser essencial. Não há, aqui, uma redescoberta científica, dirigida pela professora e sim uma mediação pedagógica e instrumental para a organização de um pensamento muito especial, o pensamento químico, sobre um fenômeno em observação e, por extensão, sobre o mundo material. Nesse sentido é válido o controle que a professora mantém sobre a situação. Ela está no seu papel social de permitir que a tradição histórico-cultural se reconstitua junto a cada um de seus alunos e, assim, a aula dela e a instituição escolar, cumpram o seu papel social nessa reconstituição do conhecimento historicamente acumulado.

Graça: Bom, espero que vocês tenham refletido alguma coisa, nesse final de semana, em relação às ocorrências nessas misturas que vocês fizeram... das soluções que contêm um metal na forma de composto e um metal normal. Então, no segundo frasco, alguém tem idéia do que aconteceu... Mas, [antes disso], alguém tem mais alguma coisa em relação ao primeiro frasco?

Aluno: Desprendeu calor...

Graça: Desprendeu um pouquinho de calor... Vocês têm idéia o que que aconteceu a nível microscópico, lá no íntimo entre o ferro e o sulfato de cobre? Até aqui, tudo o que vocês estão vendo é da aparência, é no macroscópico... Tudo o que vocês conseguiram enxergar... Agora, microscopicamente, lá no interior, o que que vocês acham que aconteceu?

Alunno: uma troca...

Graça: Uma troca do que?

Alunno: A solução com o metal sólido...

Graça: ... então, o que foi que trocou? Houve alguma mudança do grupo SO_4?

Aluno: seria uma ação do oxigênio com o SO_4?

Graça: Não, nesse caso não... O SO_4 não vai mudar nesse caso. Então, o que trocou, o que mudou, Jacó?

Não só o Jacó, mas todos... O que é que trocou? ... A solução era azul e ficou amarela... E aí? ... E o prego? Ele ficou avermelhado [na parte que estava mergulhada na solução]...
Aluno: Formou uma nova solução...
Car: Formou uma nova solução... Mas que solução é essa?
Aluno: Sulfato de ferro...
Graça: Isso!... O que que aconteceu então? Trocou o que?
Aluno: O cobre pelo ferro...
Graça: O que aconteceu com o cobre?
Aluno: Houve uma troca com o ferro... e formou uma nova solução, a solução de sulfato de ferro.
Graça: Isso! O ferro que era metal trocou... Vocês estão raciocinando junto?... O ferro que era metal, com aquela aparência avermelhada [que adquiriu logo ao ser mergulhado na solução original de sulfato de cobre], o que aconteceu com ele? Ele foi para a solução... E a gente tem agora [uma nova solução]. No lugar do cobre, veio o ferro que era metal foi para a solução... Ficando agora a solução $FeSO_4(aq)$... E o que mais?... Onde eu tinha o ferro, o prego, o bombril... Como ficou?
Aluno: Ficou avermelhado...
Graça: Isso! E esse avermelhado veio de onde?
Aluno: Do cobre!
Graça: Isso, do cobre. Então ficou assim: $FeSO_4(aq)$, pois o ferro foi para a solução... e o cobre Cu(s), pois saiu da solução, ficou cobre sólido.

Quando Graça solicita que os alunos relatem mais alguma coisa que tenham observado ela deseja, na verdade, a interpretação do que aconteceu com os dois metais envolvidos. Ela fala em nível microscópico, no interior das substâncias, para além das aparências, mas este nível ainda não foi atingido nesse episódio. Talvez não fosse o momento, ainda, em querer explorar o nível microscópico da interpretação sobre o que estva acontecendo. O aluno fala em *troca da solução com o metal sólido*. Aí ela vai chamar a atenção para o grupo atômico SO_4: *houve alguma mudança no grupo SO_4?* Ao fazer isso, Graça estava apontando para a representação da reação química, a equação química ou para o nível representacional do fenômeno sob observação:

$$CuSO_4(aq) + Fe(s) \Rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$$

Com esse instrumento, a equação química, já de certo domínio dos alunos, eles logo percebem a formação de uma nova solução, a solução de sulfato de ferro, $FeSO_4(aq)$. A mesma representação permite ver a troca entre Fe/Cu, mas ela foi mediada pela professora: *o que aconteceu, então? Trocou o que?* A resposta do aluno parece se aproximar sempre mais de tudo o que a equação química permite ver: houve

uma troca com o ferro e formou uma nova solução, a solução de sulfato de ferro. Faltava, no entanto, dizer o que acontecera com o cobre que estava na solução. Novamente, a mediação pedagógica se fez necessária: *e o que mais?... Onde eu tinha ferro, o prego, o 'bombril'... como ficou?* Só então o aluno consegue interpretar: o avermelhado [que cobria a parte do prego que estava mergulhada na solução] veio do cobre, do cobre que estava em solução e que saiu dela, depositando na forma de cobre metal, identificado pela cor característica de cobre.

No segundo frasco a seqüência do diálogo é muito parecida e mostra que nem tudo está, ainda, muito claro!

Graça: A segunda, o segundo sisteminha..., depois a gente volta para ver se as conclusões são realmente o que a gente estava esperando... No segundo sistema, eu tinha a solução de $CuSO_4(aq)$, azul, e eu coloquei pedaços de alumínio sólido. O que foi que aconteceu?... Olha, a solução, de que cor era?...

Aluno: azul...

Graça: De que cor ela ficou?

Aluno: vermelha...

Graça: a solução, de que cor ficou?

Aluno: avermelhada...

Graça: Ela está avermelhada? (mostra)... Olha aqui no fundo, o que é vermelho? ... Se eu filtrar essa solução, eu vou obter o que?... É a solução aqui em cima... Esse vermelho é o que?

Aluno: cobre...

Graça: é o cobre... E o que aconteceu com o alumínio, gente?

Aluno: Desgastou...

Graça: Desgastou, né... (mostra os desgastes das partes que estavam mergulhadas na solução original). Com o sistema anterior não deu para ver isso porque pegamos pedaços muito pequenininhos, na forma do 'bombril'... Mas olhem o que aconteceu com o alumínio... O que houve aqui? ...

Aluno: corroeu...

Graça: Corroeu, né... (os alunos mostraram grande interesse em pegar, experimentar, tatear, sentir... os desgastes acontecidos, com a professora deixando bom espaço de tempo). O que aconteceu, então com o alumínio?... Corroeu aqui, Artur... O que aconteceu com o alumínio, gente...

Alunos (vários): Corroeu... (a professora deixa considerável espaço de tempo, de novo).

Graça: O alumínio também ficou desgastado... A solução que eu tinha era sulfato de cobre acabou "comendo" aqui um pedaço de alumínio, certo? Por que que não comeu o resto, gente?

Aluno: Porque parte estava fora da solução...

Graça: Isso, porque parte não estava em contato... Então, vocês observem que nesse tipo de reação, o importante é vocês observarem o contato. A área que ficou em contato com a solução desgastou e a que não atingiu a solução não desgastou, está perfeita, intacta... Quem mais quer ver? Já passou aí atrás? Quem que quer ver?... (os alunos continuam observando com vivo interesse, a professora passa na sala...) Então, conclusões: (na lousa) O que foi que aconteceu no segundo recipiente? Vamos lá... A solução era que cor?

Aluno: azul

Graça: Daí ela ficou que cor?...

Alunos (vários): avermelhada...

Graça: Ela ficou incolor... Este aqui (aponta o precipitado avermelhado de cobre) é um depósito... Então, o que era azul ficou incolor... O que significa isso? O alumínio... ele ficou, a parte que ficou em contato com a solução ficou desgastada. O que aconteceu com o alumínio? Por que que desgastou o alumínio?...

Aluno: foi para a solução.

Graça: O alumínio foi para a solução... E o cobre da solução foi para onde?

Aluno: saiu... depositou...

Graça: Foi ele que depositou e foi ele que desgastou aqui o alumínio. Então, como é que se poderia escrever agora do que aconteceu lá no íntimo das soluções? ...Tenho:

$$AlSO_4\ (aq)\ +\ Cu(s)....$$

Todo mundo entendeu o que está acontecendo? O cobre que estava na solução azul saiu da solução e depositou no alumínio... E o alumínio? ...

Aluno: entrou...na solução.

Graça: E o grupo $SO_{4,,}$ o que acontece com ele?...Fica na solução. Tem alguma modificação nesse grupo?

Aluno: Não...

Graça: Não. Então, vocês estão observando que no sistema 1, assim como no sistema 2, houve troca de quem?

... Houve uma simples troca do metal que estava em solução com o metal normal (isto mediado pelas equações químicas:

$$Fe(s)\ +\ CuSO_4(aq) \Rightarrow\ FeSO_4(aq)\ +\ Cu(s)$$

e

$$Al(s)\ +\ CuSO_4(aq) \Rightarrow AlSO_4(aq)\ +\ Cu(s)$$

Vemos que os alunos confundiram, novamente, solução com precipitado. Agora, Graça apenas apontou para o sobrenadante e chamou-a de solução incolor, ao passo que o 'avermelhado' foi apontado como sendo o precipitado de cobre, do metal cobre. Os alunos insistiam, também, com o termo *corroeu* enquanto a professora preferia *desgastou*, introduzido no item anterior, pois isto lhe permitia formar, com mais clareza, a idéia de consumo dos reagentes: reagentes que deixam de existir. Mas

a aparência das plaquinhas de alumínio é de corroído, mais próxima da vivência deles. Para fazer prevalecer essa idéia de consumo do alumínio metal para se tornar alumínio solução ou na forma do composto, Graça introduziu o termo "comeu": *a solução que tinha era sulfato de cobre que acabou 'comendo' aqui um pedaço de alumínio, certo?* Ao perguntar: *por que não comeu o resto?*, Graça podia estar apontando para a questão das quantidades, mas ela não fez menção a isso. Ela preferiu apontar para a questão do contato entre os reagentes para que a transformação química pudesse ocorrer. Isto lhe permitiria, logo mais, interpretar, em nível microscópico, o que estava acontecendo.

Chamamos a atenção para a pertinência, a essa altura do desenvolvimento do programa, em não introduzir um complicador a mais na discussão. Sabemos que o composto, sulfato de alumínio, não se escreve na forma como Graça escreveu na equação. Isto foi proposital pois ela queria centrar toda a atencão na troca entre os metais envolvidos, troca simples entre o metal na forma metálica e o metal na forma de composto químico. Os alunos teriam que notar alguma regularidade na seqüência das equações químicas que representavam o que acontecera nos frascos. Discutir, agora, a fórmula dos compostos poderia ser contraproducente, pois exigiria introduzir a questão das cargas elétricas nos íons. Esse assunto viria à tona logo adiante.

Aqui cabe uma observação, também, sobre o uso do **quem** pela professora ao se referir ao zinco, cobre e outras espécies químicas, como se se tratasse de uma pessoa. Isto é muito freqüente entre os professores de química do ensino médio. Esta forma de os professores se referirem a espécies químicas parece denotar um certo animismo, um recurso didático muito usado no ensino de química e de outras disciplinas da área científica. Se este for o caso, pode estar se constituindo um obstáculo pedagógico. Mas este 'tratamento' dado às espécies químicas pode ser indicativo de um simples vício de linguagem dos professores de química ou da falta de um vocabulário mais adequado e refletido.

Graça: No terceiro sisteminha, qual era a solução que a gente tinha no terceiro sisteminha?... $CuSO_4(aq) + Zn(s)$.
O que vocês observaram, pessoal? ... A solução de sulfato de cobre era azul, não era? Depois que coloquei o zinco, ficou de que cor?
Aluno: ficou incolor...
Graça: Ficou incolor, né. Agora, o que aconteceu com o zinco?... Olha aqui essa parte... (mostra a parte que estava em contato com a solução) em que lugar ele desgastou? Foi no metal inteiro? (passa em toda a sala de aula e orienta a

observação)... Então, no zinco metal houve um desgaste... Só a parte que estava em contato escureceu e desgastou... (continua a passar na sala, mostra, orienta a observação) Vamos escrever...

A solução era azul, coloquei a plaquinha de zinco... Vocês observaram o que? ... A solução que era azul ficou que cor?

Alunos (vários): Incolor...

Graça: A solução ficou incolor... E a placa de zinco, como é que ficou?

Aluno: escureceu e desgastou...

Graça: Escureceu, houve um desgaste... Essa é a observação macroscópica. E como vocês interpretam essa observação? O que aconteceu?...

Aluno: sulfato de zinco mais cobre...

Graça: sulfato de zinco + cobre... Isto é o reagente ou o produto?

Aluno: produto...

Graça: Produtos. Eu tinha sulfato de cobre + zinco e no final fiquei com sulfato de zinco + cobre... Vocês já podem escrever os produtos: é solução de que?... $ZnSO_4(aq)$ + Cu(s)... O cobre sólido ficou até depositado no fundo, de cor avermelhado...

Vemos o grande avanço que houve na interpretação do que ocorreu no sistema 3. Chamo a atenção para um detalhe, na minha opinião muito importante: a forma como Graça consegue deixar claro que a equação química representa substâncias reagentes que deixam de existir e representa subtâncias produtos da reação química, substâncias que passam a existir. A equação química apresenta um grau de dificuldade de compreensão pois o que está descrito não é o que acontece: nela permanecem as substâncias reagentes e produtos num mesmo nível de realce, como termos de uma equação matemática. Isso pode criar uma falsa idéia de que os reagentes colocados no início estejam lá, como aparece na equação química. Notei essa confusão em estudos recentes junto a alunos de graduação em química[35], em sua formação inicial para o exercício do magistério. Além disso, parece que reagentes e produtos estão sempre separados pela seta, e isto pode gerar confusões posteriores em que os alunos imaginam recipientes diferentes para reagentes e produtos. Pensamos que essas confusões podem ser evitadas se a mediação pedagógica acontecer conforme Graça está fazendo com os seus alunos. O correto entendimento do que seja a equação química precisa, também, ser mediado pedagogicamente.

[35] Em estudo realizado na disciplina Instrumentação de Química, segundo semestre de 1996, utilizando o recurso de análise de fitas de vídeo realizadas quando da apresentação de temas de Química desenvolvidos e apresentados pelos alunos da graduação.

Graça: E no quarto recipiente? Vocês colocaram a solução sulfato de cobre azul e mergulharam o cobre... O que que aconteceu?... Observaram alguma modificação?

Alunos (vários): Não....

Graça: Não aconteceu nada... Por que não aconteceu nada? Até aqui vocês observaram que havia um metal na solução e mergulhava um outro e havia uma troca e formava um metal que saia da solução. E aqui que tenho cobre na solução e coloquei cobre na forma de metal... Vocês observaram o que? ...

Aluno: uma polaridade igual...

Graça: Polaridade de quem?

Aluno: do sulfato de cobre e cobre...

Graça: Os mesmos metais... Então não houve a troca do metal. A solução continua azul...

O aluno empregou um termo, *polaridade*, para dizer que não tinha sentido haver uma troca porque o metal era o mesmo. O aluno achou uma forma de expressar o conceito que estava formando. Isto vai aparecer com mais evidência em uma fala posterior, como veremos.

Graça: E nesse quinto recipiente? Nele tinha uma solução de sulfato de zinco $ZnSO_4(aq)$, e foi colocado uma espiral de fio de cobre ou Cu(s). O que aconteceu?... A solução de sulfato de zinco era incolor, não era?... Coloquei o cobre, o que aconteceu? O que vocês observaram? O que aconteceu com a cor da solução?

Aluno: permaneceu incolor

Graça: E com o cobre, o que aconteceu?

Aluno: nada...

Graça: Continua a aparência do cobre? Depositou alguma coisa sobre o cobre?

Aluno: Não...

Graça: Houve reação química?

Aluno: não...

Graça: Por que que não houve reação? Se comparar com o recipiente 3: o Zinco era metal e o cobre era solução. Aqui colocamos o cobre metal e o zinco solução... Por que não houve reação?

Artur: o metal é mais forte...

Graça: Qual metal?

Artur: o cobre...

Josefa: (outra aluna, manifestando discordância) É o contrário...

Graça: Quem falou que é o contrário? ... Por que você acha o contrário? (dá-se uma discussão interessante entre as duas possibilidades, entre os dois alunos). Vamos deixar claras as posições...

Artur: Aqui eu tenho sulfato de cobre solução mais zinco metal... Produziu sulfato de zinco mais cobre metal. No outro eu tenho sulfato de zinco que é menos forte que o metal cobre...

Graça: Então, que metal você acha que é mais forte?

Artur: O cobre em solução...

Aqui aparece um princípio importante que manifesta a aprendizagem de algum conceito. O aluno (Artur) compreendeu que um reagente vai interagir com outro e provocar uma reação química se a condição para isso for favorável. Poderíamos dizer que ele tomou consciência desse fato à medida em que a discussão estava avançando na sala de aula. **"Uma vez que o conceito esteja amadurecido, haverá quase sempre uma palavra disponível"** diz Vygotsky (1987 :6). No caso do contato entre dois metais, um na forma metálica e outro na forma de composto e em solução aquosa, um deles deveria ser **mais forte** para que a troca acontecesse. Ele imaginou um ataque da solução ao metal. A forma que ele achou para dizer isso parace que foi buscá-la a partir de um conceito do cotidiano: algo que é mais forte ataca o metal, a maresia, por exemplo, ou, ainda, um ácido no sentido cotidiano que esse termo denota entre a população. Por isso disse que o cobre em solução é mais forte que o zinco em solução. Isto explica, para ele, o fato de ter havido reação no frasco 3 e não no frasco 5. Josefa formou o mesmo conceito, mas achou que o forte se aplicava à forma metálica, ou seja, o zinco metal deveria ser mais forte que o cobre metal e por isso o zinco deslocava o cobre da solução ou de seu composto, formando o composto de zinco. Essa forma de ver também dava uma explicação satisfatória para que a reação ocorresse em 3 e não em 5. Faltava a palavra adequada, o conceito químico que permitiria direcionar o processo de formação do conceito que estava implícito na situação. **"... o emprego da palavra é parte integrante dos processos de desenvolvimento, e a palavra conserva a sua função diretiva na formação dos conceitos verdadeiros"** (Vygotsky, 1987 :70). Graça se dá conta disso e pede que os dois alunos deixem bem clara a sua posição e encoraja a discussão. Mesmo assim, ela mantém o controle da situação e vai se inclinando a favor da Josefa, como veremos mais adiante, prevendo a introdução do conceito de *reatividade dos metais.* O zinco metal é, de fato, *mais reativo* do que o cobre, segundo a convenção adotada na Química e ele poderia substituir o termo *mais forte*, utilizado por Josefa, mas criaria dificuldades para englobar a idéia de *mais forte* utilizado para a solução de cobre, por Artur. A idéia ou o conceito da *reatividade* dos metais estava mais do que implícita na seqüência das reações e não-reações apresentadas, pois aparecia no próprio roteiro que os alunos receberam e em cujo título aparece "Reatividade dos Metais". Graça deixou essa função diretiva da palavra *reativo* na constituição do conceito da

reatividade diferenciada dos metais um pouco de lado em suas discussões iniciais, vindo a retomá-la, com grande intensidade, somente mais adiante.

Graça: ... no sistema 6 temos o nitrato de prata como solução incolor... Aparece aqui o grupo NO_3, o grupo nitrato, acompanhado do metal prata (Ag)... A solução era incolor... O que dissolve nessa solução?

Aluno: o cobre...

Graça: Isso! O cobre metal dissolve... O que vocês observaram?... Olhem que bonito ficou (mostra os "anéis" prateados do depósito de prata sobre o cobre). Que cor ficou a solução agora?

Alunos (vários): azul!

Graça: Azul. O que é esse azul, essa solução?

Aluno: Sulfato de cobre...

Graça: Sulfato de cobre aquoso... O que aconteceu com a prata?

Aluno: Ficou sólido... acumulou no cobre

Graça: Acumulou no cobre... Houve aqui uma transformação?

Alunos (vários): houve...

Graça: Então vamos escrever aqui... (os alunos ficam passando o frasco e se interessam muito)

$$AgNO_3(aq) + Cu(s) \Rightarrow CuNO_3(aq) + Ag(s)$$

Graça: Quem trocou com quem, agora? Que solução eu tenho, agora?

Aluno: $CuSO_4$...

Graça: cobre... o que?

Aluno: sulfato de cobre...

Graça: Mais o que?

Aluno: mais a prata

Graça: mais a prata metal (Ag(s))... E que cor que é esse nitrato de cobre aqui? (aponta a fórmula representativa do nitrato de cobre, apresentada sem a correção do índice)

Aluno: é sulfato...

Graça: Quem falou sulfato?... Por que não é $CuSO_4$? Ou seja, não é sulfato de cobre, mas nitrato de cobre $CuNO_3$? ... Por que?

Aluno: não aparece nos reagentes o SO_4...

Graça: Isso! Vocês tem que observar, o que já discutimos, em relação à conservação dos elementos químicos... Poderia formar, aqui, o sulfato de cobre? (Cu(s) + $AgNO_3(aq)$)... Poderia formar $CuSO_4$?...

Aluno: não...

Graça: Então, o responsável aqui [pela cor azul]... eu tenho o cobre... O Nitrato de prata está em solução, tem água aí... Quando ocorre a troca entre a prata e o cobre, o cobre vai passar para a solução, forma nitrato de cobre, solução azul... A prata ficou depositada...

Ficou muito marcada, no contexto todo, a idéia de a solução azul ser de sulfato de cobre, embora houvesse preocupação, desde o início da unidade, em deixar claro que era a presença do cobre, o elemento Cu na fórmula do sulfato, que deixaria a solução aquosa azul. Foi realizada, inclusive, uma prática investigativa em que os alunos deveriam aprender que a 'parte' do Cu do composto $CuSO_4$ na forma de hidrato ou em solução aquosa, era o responsável pela cor azul. Para isso eles compararam com o $ZnSO_4$ que é branco na forma de um hidrato e incolor em solução aquosa, apesar de ter, também, o grupo sulfato, SO_4. Por isso Graça fala na presença de água: *o nitrato de prata está em solução,* ***tem água aí...*** *Quando ocorre a troca entre a prata e o cobre, o cobre vai passar para a solução.* Ou seja, o cobre em solução aquosa é o responsável pela solução azul, não precisando estar na forma de sulfato de cobre. Aqui ele está na forma de nitrato de cobre. Foi, novamente, a linguagem química, a parte representacional da reação química acontecida ou a equação química que permitiu que os alunos entendessem, facilmente, que não poderia ser o sulfato de cobre e que poderia ser o nitrato de cobre.

Graça: Então, vocês já têm um caminho, né, com esses 6 sistemas aqui, o que está acontecendo...

1. $CuSO_4(aq) + Fe(s) \Rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$
2. $CuSO_4(aq) + Al(s) \Rightarrow AlSO_4(aq) + Al(s)$
3. $CuSO_4(aq) + Zn(s) \Rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$
4. $CuSO_4(aq) + Cu(s) \Rightarrow$ não ocorreu a reação
5. $ZnSO_4(aq) + Cu(s) \Rightarrow$ não ocorreu a reação
6. $AgNO_3(aq) + Cu(s) \Rightarrow CuNO_3(aq) + Ag(s)$

Graça: Vocês viram que o metal normal troca com o metal da solução... No caso, a gente usou solução de sulfato de cobre e fica bem caracterizado pela cor... Aí chegaram à conclusão: O Artur disse: quando a solução é mais forte que o metal, acontece a reação, e a Josefa diz que não. Diz que o metal tem ser mais forte para acontecer a reação. E daí? Como é que vai ficar esse impasse? Todo mundo conseguiu observar que existe alguma coisa: no caso, o Artur disse que é a força do metal na solução, e a Josefa chegou à conclusão que é a força do metal na forma metálica que faz com que haja essa troca do metal com a solução... Todo mundo chegou à mesma conclusão, ou não? ... E agora, em relação a essa força do metal... O que vocês têm a dizer?

Aluno: que varia de um para outro...

Graça: De um para o outro em que? Do metal ou da solução? ... O metal sozinho ou o metal na solução que é o responsável pela força e que faz com que haja a troca?... O metal que está na solução é que é responsável pela troca ou não?

Aluno: é...

Graça: Bom... Essa diferença de força que vocês chamam, essa força recebe o nome do que?... ***Reatividade dos metais****... Então, com esses 6 sisteminhas, vocês puderam observar que alguns metais são mais reativos que outros, o que o Artur chamou de força, né... Então, o nome que a gente trabalha aqui com os metais, que um produz a troca do metal na solução e o metal que sai da solução e que deposita sobre o metal que entra na solução, isto a gente vai* ***chamar de reatividade****... Dependendo dos metais, vocês podem observar que uns são* ***mais reativos*** *outros são* ***menos reativos****... correto? E vocês observaram que quando a gente fez no Laboratório aquele teste de condutividade elétrica, que quando a gente colocou os pólos da lâmpada de teste na solução de sulfato de cobre, a lâmpada acendeu... O sulfato de zinco, também acendeu a lâmpada... Isso era devido a que? O que devia haver na solução?*

Alunos: íons...

Graça: Mas quando coloquei o NaCl(aq), acendeu a lâmpada, ou não?

Aluno: Acendeu...

Graça: Foi mais intensa a luminosidade ou menos intensa? .. Não sei se vocês estão lembrando... Foi mais intensa, tá... Então, existem, realmente, metais que são mais reativos e metais que são menos reativos... Essa reatividade dos metais está relacionada com o que?... O que os metais têm? O que vocês lembram da aula da condutividade elétrica? Os metais têm íons? Quem têm íons? O que os metais têm?

Aluno: elétrons...

Graça: Isso! Os metais têm elétrons... A condutividade deles, provavelmente, está relacionada com os elétrons semi-livres do metal. Então, baseado nisso, vocês vão observar o que... Quem que vai ser, ou quem vai te dar, a partir disso daqui, a gente pode fazer uma escala de reatividade química dos metais... Ou não pode?... Pode... Então, quem que vai ser, quem que vai comandar aí, em termos de troca de solução ou não... É o metal que está na solução ou é o metal que está na forma normal ou forma metálica?... Quem que vai comandar a troca?

Aluno: O metal que está na solução...

Observa-se aí, todo um esforço da professora em 'superar o impasse' criado pelas posições diferentes dos dois alunos. Ela faz, inclusive, relações que não cabem, como, por exemplo, de a lâmpada de teste de condutividade elétrica ter brilhado mais forte na solução de cloreto de sódio, com o fato de haver reatividades diferentes entre os metais. Parece ter passado no pensamento da professora a possibilidade de estabelecer uma relação entre a reatividade de um metal e a condutividade elétrica de um composto deste metal em solução. Esta relação não pode ser feita, evidentemente.

Embora Graça ainda controle a situação, o avanço na direção do conceito se arrasta, e ela parece procurar uma âncora para relacionar a situação complexa em que

acabou envolvida. Ela chegou a formular frases, quase desconexas, como: *'quem que vai ser, ou quem vai te dar, a partir disso daqui, a gente pode fazer uma escala de reatividade química dos metais'*... Essas frases não foram convincentes, tanto assim que o aluno não teve dúvidas em continuar a afirmar que é o metal em solução que vai 'comandar' a possível troca entre os metais, como aconteceu nos sistemas 1, 2, 3 e 6.

Graça: Por que que você acha que é o metal que está na solução?
Aluno: ... pelos resultados...
Graça: Quais resultados?
Aluno: ... as reações que aconteceram...
Graça: O que mais? ... Por que é o metal que está na solução e não o metal que está na forma normal que vai comandar a reatividade?... Quem vai conseguir deslocar aqui (apontando para a fórmula química representativa de uma das substânicas) é o metal que está na solução ou na forma metálica, na forma sólida? A plaquinha, que vocês viram, de cobre, o fio de cobre, ou a plaquinha de alumínio, ou a plaquinha de zinco [que são as formas metálicas], ou é o metal que está em solução?... Quem que vai conseguir deslocar, quem que vai seguir ou obedecer uma força de reatividade, prá poder deslocar da solução?...

Nessa altura, Graça se decide pela posição de Josefa, dá ênfase no papel que tem a forma metálica para deslocar os metais dos compostos ou da solução. A idéia de ser *mais forte*, já aceita na sala, se desloca para a forma metálica pois parece ser facilmente substituída pela idéia de metal *mais reativo.* No entanto, Artur permanece na sua posição, enquanto Josefa reforça a sua...

Artur: ... o metal que está na solução...
Josefa: ... o metal [na forma metálica].
Graça: Por que você acha que é o metal?... Ele (o Artur) (e dirigindo-se para Josefa) acha que é o metal que está na solução e você acha que é o metal [na forma usual]...
Josefa:... porque o metal está mais livre... prá conduzir...
Graça: Está mais livre prá conduzir... O metal, olhem o que ela achou: o metal sólido tem elétrons semi-livres, ele está mais livre prá conduzir do que o metal na solução ou na forma de íons... Essa é a justificativa da Josefa... E você Artur, o que você acha?... A Josefa já chegou à conclusão do que pode ter acontecido, o mais provável... É o sólido, então?...Os elétrons livres [da forma metálica ou do metal sólido] deslocam o metal que está na solução... Chegou a essa conclusão também?... Pessoal, a gente volta prá conclusão disso daí na próxima aula...
(na aula seguinte)

A **condutividade elétrica** dos metais, tanto na forma metálica, através dos elétrons semi-livres, quanto na forma de compostos em solução, através dos íons livres, seria esse 'ancoradouro' necessário para interpretar a troca entre o metal normal e o metal no composto ou em solução. Ela permitiria transitar os objetos teóricos, **elétrons e íons**, fundamentais na compreensão do fato químico. A **reatividade dos metais** deveria ser usada, apenas, para justificar as diferenças entre os semelhantes, ou seja, as diferenças dentro do grupo dos metais. A unidade de ensino em desenvolvimento tinha como objetivo a distinção entre os metais na forma normal e os metais como participantes de compostos que aparecem no cotidiano das pessoas que, normalmente, não se dão conta disso, pois constituem substâncias que em nada se parecem com o que se conhece como metal. É a presença de elétrons semi-livres nos metais e de íons de metais nas soluções que vão permitir explicar a troca entre as formas metálicas e as formas iônicas. O escopo era a busca de estruturas microscópicas, para além daquelas já de conhecimento dos alunos, os átomos de Dalton. Essas estruturas são as cargas elétricas (elétrons e íons e, posteriormente, prótons). Elas tinham sido postuladas para explicar a condutividade elétrica. O modelo precisava ser testado na nova situação e nessa direção teria de ter sido dirigida toda a discussão anterior. Parece ter havido uma perda de rumo que pôde ser retomado por Graça na 'aula seguinte', facilitada pela intervenção de Josefa.

Graça: (...) qual que era a conclusão a que vocês estavam chegando no final da aula (passada)? ...
Aluno: ... os elétrons mais livres do metal...
Graça: ... os elétrons semi-livres conduzem... e, assim acontecia a reação... Então, aqui no caso, ... se os metais é que vão comandar (...), [se] vai haver a troca ou não, é o metal normal. Então, nesse caso aqui (recipiente 5), quem é mais reativo?...
Aluno: o zinco
Graça: O zinco é mais reativo. Mais reativo que quem? ... Que o cobre... Então, é por isso que acontece a reação no recipiente 3 (o zinco é a forma metálica e o cobre está na forma de solução. E nesse caso aqui? (recipiente 5).
Aluno: ... o cobre é mais reativo que o zinco...
Car: O cobre é mais reativo que o zinco? ... É ou não?
Aluno (vários): é...

Os alunos já haviam percebido, claramente, a diferença entre o metal normal e o metal em solução, ou o metal no composto. A chave da compreensão, agora, seria distinguir reatividades diferentes entre os metais, ou na forma de metal normal ou no

forma de metal na solução. A questão era comparar dentro do mesmo grupo e isto se tornou bastante difícil pois a tendência era sempre comparar o metal normal com o metal em solução, cuja diferença era evidente.

Graça: Vai haver troca entre o metal normal e o metal na solução?
Aluno: Não...
Graça: Não vai haver... Então aqui, quem é mais reativo?
Aluno: o zinco...
Graça: o zinco... (na lousa) 'o zinco aqui é mais reativo que o cobre'... Vamos analisar a situação: olhem, quando tenho um metal normal, que eu chamo assim, e vocês viram a plaquinha metálica, quem vai comandar na reatividade vai ser o metal normal... Quando o metal normal é mais reativo que o metal que está na solução a reação... Acontece ou não acontece?... Acontece.... Aqui, nesse caso, o metal normal é o cobre... e o metal que está na solução é o zinco... Nesse caso, quem que é mais reativo, o metal que está na solução ou metal cobre, o metal normal?...
Aluno: ... o metal cobre...
Graça: ... aqui, nesse caso, (recipiente 5), quem é mais reativo?
Alunos: cobre (alguns) e zinco (outro)...
Graça: Cobre ou zinco?
Alunos: cobre (alguns) e zinco (outros)...
Graça: ... o zinco... Vocês já falaram aqui (recipiente 3) o zinco é mais reativo, por isso é que aconteceu a reação... aqui, quando ele está na forma metálica o mais reativo vai deslocar o metal da solução... O cobre, na forma metálica, é menos reativo do que o zinco... Então, ele não vai conseguir deslocar o zinco da solução e ocorrer a troca... Entenderam?
Aluno: sim (vários)...

Esta afirmativa dos alunos de que haviam entendido não se confirmou na prática. A mediação para a explicação em nível microscópico ainda não havia acontecido. O entendimento para a possível troca entre o metal normal e o metal em solução exigia esse nível de entendimento, pois o **mais reativo** se referia à possibilidade maior de um metal ceder elétrons para a espécie em solução ou à capacidade maior da espécie em solução receber os elétrons de um certo metal que entrasse em contato com a solução. Isto não tinha sido negociado pela professora. Os alunos continuaram a confundir o metal mais reativo com aquele na forma normal ou na forma de solução.

Graça: Então, baseados nisso, a gente vai..., temos pouco tempo [de aula], mas ... a gente vai ver a condução de corrente elétrica nessas soluções que foram formadas aqui (nos 6 sistemas sob estudo). Sulfato de zinco, sulfato de alumínio, sulfato de ferro... se, realmente, os íons estão livres na solução, vai haver ou não vai haver a

condução de corrente elétrica? ... Se os íons estão livres na solução, vai haver a passagem de corrente elétrica?
Alunos: vai (vários)...
Graça: Se as substâncias estiverem, se os compostos estiverem no estado sólido, sem água..., vai haver a condução de corrente elétrica ou não?
Alunos: não (vários)...
Graça: Não vai haver... A gente vai testar isso daí ... Vamos gente, em silêncio e com ordem (ao laboratório)..., para poder fazer isso e fazer a escalinha de reatividade dos metais... Levem só um papel... naquilo que estavam anotando... Chegando lá, todo mundo em volta da mesa central... que as coisas estão preparadas lá prá a gente poder fazer...

A condutividade elétrica já fora realizada e permitira introduzir os objetos teóricos ou os modelos de explicação que são os elétrons semi-livres nos metais na forma normal e os íons nos compostos de metais em solução. Esses modelos parecem ter sido bem assimilados pelos alunos. Isto permitiria dar a seqüência para o entendimento do conteúdo e, ainda, ser a âncora para novos modelos teóricos de explicação. Mas parece que Graça tinha preocupação demasiada com a escala de reatividade e não com a introdução do modelo de explicação para a troca metal/íon que era o que interessava. Talvez, por isso, as dificuldades de compreensão dos alunos. Quanto à condutividade elétrica essas dificuldades não existiam pois havia um conceito que lhes permitia ver a direção. Estabelecer a escala de reatividade, sem um conceito direcionador, como a facilidade maior de um metal perder elétrons do que o outro, pode ter sido o problema na seqüência de ensino adotada e as conseqüentes dificuldades encontradas pelos alunos. Além disso, parece que, ainda, há dificuldade em o aluno diferençar metal normal e metal na forma de composto e/ou em solução. Ao menos quando tinham que responder sobre o metal mais reativo. Isto pode ter sido pelo fato de a escala de reatividade, como instrumento organizador do pensamento deles, ainda não ter sido apresentada até o momento em que se deu o seguinte episódio de aula, realizada no laboratório e, agora, com a explícita presença dos objetos aos quais se referia a discussão.

(no laboratório, diante dos sistemas químicos em observação)
Graça: ... podem chegar mais... senão, não vão enxergar nada.... Então, olhem aqui, os mesmos sistemas que a gente trabalhou, ficou bem caracterizado que esses sistemas: 1, 2, 3, 4... que eram azuis, quando coloquei metal houve a troca entre o metal normal e o metal que estava em solução... Como você caracterizou isso? ... Primeiro a mudança de cor: se o cobre saiu da solução a cor que era azul mudou...

Só nesse daqui (sistema 4) que era cobre com cobre, não aconteceu nada.... Então, a chave da questão e que a gente trabalhou ainda há pouco, na sala de aula, foi essa daqui (sistema 3): o cobre da solução que era azul e onde coloquei o zinco, olhem o que aconteceu: desgastou o zinco e a solução que era azul ficou incolor... E aqui que não aconteceu nada (sistema 5): a solução de sulfato de zinco, olhem essa solução aqui que é incolor, coloquei cobre e não aconteceu nada... Vocês chegaram à conclusão em relação à reatividade: que o metal, quando na forma de metal é mais reativo que o metal que está na solução, vai deslocar e vai acontecer a reação. Bom, agora, aqui gente, vamos testar a condutividade: aqui eu tenho o funil com papel filtro onde a gente vai filtrar... Por exemplo esse [sistema com] ferro, aqui.... Vocês viram que no dia em que vocês misturaram ... a solução ficou meio 'branca' (na verdade, incolor), não ficou amarela... No dia seguinte estava bem amarela... e, agora, vai escurecendo... vai passando o tempo, já fazem quantos dias que a gente começou essa experiência... Então, olhem, vou colocar um pouquinho disso daqui (filtrado)... E essa outra daqui que é com alumínio... estão vendo? O que vamos fazer? Nós vamos testar se essas soluções que se formaram aqui conduzem a corrente elétrica, [isto é] se os íons estão livres... Se é, realmente, como a gente estava prevendo... Vamos testar isso daí... (enquanto espera a filtração)... Eu testo com a solução de ferro... Eu já fiz em outra classe e ficou assim...., ficou amarelinho... Vou fazer com [a solução resultante da reação] com alumínio ... Vou testar a condutividade. Então, se a gente tem aqui sulfato de cobre + o alumínio e houve a troca, isso que está saindo daqui (filtrado), é o que? ... que solução que é?

Aluno: é o sulfato de alumínio ...

Graça: é o sulfato de alumínio... Então, se essa reação, se houve, realmente a troca, essa solução de alumínio, olha que ela é incolor, estão percebendo?... Vocês falaram: é marron/avermelhado, professora {na discussão anterior)... É marron o resíduo aí que vai ficar no funil... O sólido fica aqui, no papel... A gente vai testar o sulfato de alumínio [que está dissolvido]... Então, vocês esperam o que?... Se a solução, se realmente houve a troca... aqui tem o sulfato de alumínio... vai haver a passagem de corrente elétrica?... Olha... não vou encostar os terminais, não... Olhem... Os íons estão aqui em solução?

Alunos: estão (vários)... (a lâmpada do equipamento de teste acendeu).

Graça: ... agora, eu vou testar o sulfato de ferro [dissolvido]... está bem clarinho... ficou muito resíduo (no filtro)... É difícil prá separar... Se eu olhar contra a luz... eu vejo um pouco de amarelo.... Você percebe que formou mesmo [o composto de ferro]... se você cheirar essa solução aqui, você vê que tem um cheiro de ferro... Vamos testar a condutividade, agora do sulfato de ferro, que foi a primeira reação que a gente trabalhou... Estão percebendo?... Nessa quantidade mínima (pequena quantidade de filtrado) aqui tem íons... de sulfato de ferro...

Agora, o que que vamos fazer? Vamos comparar com a condutividade se isso daqui ficar sólido... Aqui está em solução, vocês sabem que está [dissolvido em] água aqui. Se eu jogar uma quantidade de álcool e agitar, vocês vão perceber que vão se

formar pequenos cristais... E de quem são os cristais que vão se formar? (...) De sulfato de alumínio, de sulfato de ferro, de sulfato de zinco, que são os compostos em solução nos diversos recipientes e que vão passar para o estado sólido (ao adicionar o álcool)... A gente vai testar, também, a condutividade deles no estado sólido... (enquanto adiciona álcool, agita...) Vamos ver, olhem a condução aqui... Vocês acham que vou fazer alguma mágica?... Olhem aqui... O que aconteceu? A solução estava incolor (o sistema 2, ou com alumínio)... Com a agitação com bastão, você ajuda a formação de cristais.... O que aconteceu? (...) Eu tinha carga positiva, carga negativa, cátions, ânions, íons em solução... Agora eles são o que? O que está acontecendo com eles? Olhem aqui ó... Turvou a água... O que está contecendo? Em, gente, o que está acontecendo? ...

Aluno: uma reação...

Graça: uma reação? ... É que eu tinha os íons que estavam em solução, está... O que aconteceu aqui (mostra para os alunos)... O que que é esse pozinho branco aqui em baixo...

Aluno (vários): alumínio... (para o sistema 2).

Graça: Cristalizou ou não cristalizou? Formou cristais?.... O álcool, ele agregou... os íons que estavam soltos aqui em solução, com o álcool eles precipitaram e formou o que? O alumínio sólido... E a gente vai testar agora o alumínio sólido...

Há aqui uma imprecisão de termos. Os alunos falam e a professora repete, sem se dar conta, que se formou alumínio sólido. Isto dá a entender que tenha se formado alumínio metal Al(s), o que não é verdade. Formou-se, tão somente, o precipitado de sulfato de alumínio.

Aluno: por que o álcool, professora?

Graça: Porque o álcool vai fazer uma competição com a água em termos de solubilidade... Vai diminuir a solubilidade e os íons vão acabar se juntando... Depois, para obter o sólido branquinho, purinho, como aquele que a gente usa para fazer preparação de uma solução... Vocês viram preparando a solução... a gente pega o sólido... Então, ao adicionar o álcool sobram essas cristais aqui... Estão vendo os cristais... Cheguem aqui... Olhem, esses aqui, ó... A gente vai testar a condutividade aqui... Mas deixa eu fazer uma pergunta prá vocês: nós vamos testar a condutividade aqui e se a substância está sólida, se o composto está sólido, o metal alumínio com o SO_4 está no estado sólido..., o que que vai acontecer? Vocês esperam que vai haver passagem de corrente elétrica ou não? ... Os íons estavam soltos, a solução incolor... conduzia corrente elétrica... Agora, o que aconteceu... eles se agregaram... Vocês esperam que haja passagem de corrente elétrica ou não?... E se acender a lâmpada um pouquinho?... O que vocês acham que vai acontecer?... Se acender um pouquinho a lâmpada, fracamente que seja...

Aluno: ainda tenho algum íon em solução...

Graça: Isso! Ainda tenho íons em solução... Nem todos se agregaram formando os cristais... Olhe aí, acontece a passagem de corrente elétrica? (chama atenção para o resultado do teste).

Alunos: não... (vários e imediato).

Graça: Então, aqui nós estamos 'provando', mais uma vez, entenderam, que os íons na solução, a solução que tem íons, permite a passagem de corrente elétrica... No estado sólido... Vou testar o [composto de] ferro que fiz com outra classe... Olhem o que a gente obteve: (mostra os resultados de outra classe também) esse é o resíduo da [reação com] alumínio e esse o resíduo da [reação com] ferro... o cobre ficou depositado... O [composto] de ferro, está aqui, ó, estão mais nítidos os cristais... Olhem, conduziu, ou não?

Alunos: não...

Graça: Então, aqui, estamos 'provando', mais uma vez, pela condução de corrente elétrica, que os íons, quando estão em solução, conduzem a corrente elétrica... Os sólidos, quando os íons... quando [o composto] está no estado sólido, os íons estão agregados, o que que acontece? ... Os íons não estão em movimento, não conduzem a corrente elétrica...

Aluno: ...com o zinco, acontece a mesma coisa?

Graça: Também... Podemos fazer... Se eu for testar a solução, vai conduzir a corrente elétrica... Se for testar isso daqui (já feita a precipitação), não vai conduzir... Olha aqui os cristais... Gente! Dúvida aí! Tem dúvida aí? Não? Todo mundo entendeu? ...

Aluno: ... sobre os cristais...

Graça: (quando forma o cristal) quer dizer que os íons de metal e o SO_4 se agregaram... Olha como é que ficaram... E quando pelo teste da condutividade não acendeu mais a lâmpada... Isso prova o que? Que os íons não estão mais livres em solução...

Aluno:... mas não tinha os íons na solução?

Graça: Tinha, só que está 'dissolvido' na solução... Você enxergava lá... Olha, gente, a dúvida dela é se no alumínio, nessa solução que a gente filtrou, se tinha o alumínio, se existiam os cristais... Eles estavam aqui dissolvidos... a gente não enxerga os íons em movimento aqui dentro... Agora, quando precipitei, o que que aconteceu?... Diminuiu a solubilidade com o álcool, aconteceu a competição do álcool com a água, diminuiu a solubilidade do sal na água, fazendo com que se formassem os cristais do sólido...

(aula do dia 25/08/94)

Graça: ... o que estamos trabalhando? ... Primeiro nós fizemos a condutividade elétrica dos materiais, o metal normal ... Vocês viram a diferença entre metal normal e metal composto. E vocês chegaram à conclusão de que o metal normal, prá que houvesse condução de corrente elétrica, ele teria que ter o que?... O que gente? O que é responsável pela condução elétrica do metal normal?

Aluno: os elétrons semi-livres...

Graça: os elétrons, são cargas elétricas negativas na matéria [segundo o modelo adotado]... Aí nós trabalhamos com 'metal composto'. O que é um metal composto?... São os metais acompanhados de grupos como SO_4, NO_3, Cl, O... formando compostos. O 'metal composto', quando ele está no estado sólido, ele conduz ou não conduz corrente elétrica?

Aluno: conduz...

Graça: No estado sólido...

Aluno (vários): não!

Graça: E o 'metal composto', quando ele está em solução... e aí lembrem-se da aula prática, vocês pegaram o sólido, colocamos água... todo o sólido ficou dissolvido e nós testamos a condutividade elétrica. Quando o metal o 'metal composto' está na forma de solução ou 'metal composto' aquoso, ele conduz ou não conduz corrente elétrica?

Alunos (vários): conduz.

Graça: Conduz corrente elétrica. Quem é responsável pela condução de corrente elétrica no 'metal composto'?

Alunos (vários): os íons.

Graça: Os íons... Íons são partículas que tem carga... que tipo de carga?

Aluno: Positiva e negativa...

Graça: Positiva e negativa... Então, nós trabalhamos com isto e vocês observaram ... nós fizemos a atividade da condução de corrente elétrica e depois trabalhamos com solução 'metal composto' e a gente mergulhava o metal normal, e observamos o que acontecia. Vocês observaram, fizeram todas as anotações, que a solução que era incolor mudou de cor... e alguma coisa ficou depositada no fundo... e vocês mesmos chegaram à conclusão de que isso estava acontecendo: que, se tenho , por exemplo, uma solução de sulfato de cobre, colocado o metal ferro, $CuSO_4(aq) + Fe(s)$, vocês observaram o que?

Aluno: houve uma troca...

Graça: Isso, houve uma troca entre o metal ferro e o metal cobre... O metal cobre que estava na solução saiu da solução, ficou depositado no ferro e no fundo da solução. A solução que era azul ficou...

Aluno: incolor...

Graça: ... daí, ontem, retiramos da solução o sulfato de ferro, testamos a condutividade... Conduzia a corrente elétrica, ou não?

Aluno: conduzia (antes de precipitar o sulfato de ferro)...

Graça: Conduzia... O que a gente observou é que algumas reações aconteciam e outras reações não ocorriam... Quem era responsável por isso? E quando ocorria a reação, o que estava acontecendo?... No final da aula passada, estávamos no laboratório e nós chegamos à seguinte conclusão: se eu tenho uma solução de sulfato de cobre aquoso, ela conduz corrente elétrica ou não conduz? Os íons estão de que maneira lá dentro?

Aluno: estão livres...

Graça: Eles estão livres... Você enxerga os íons?
Aluno (vários): não.
Graça: Não, ninguém enxerga os íons... Mas, eu estava falando com vocês, que o cobre tem carga +2 e se tenho íons em solução eu tenho carga positiva e carga negativa. Ontem, no laboratório, a gente chegou a essa conclusão e eu coloquei prá vocês tem +2... Depois a gente vai saber quando que tem +2, +3, +1... Aqui no caso do sulfato de cobre, ele tem carga +2. Se ele tem carga +2 e está lá em íons na solução, ele também tem a carga negativa... E quem vai ser responsável, quem vai ter a carga negativa, nessa solução?
Aluno: o SO_4...
Graça: O SO_4, o sulfato. E aí eu comentava com vocês sobre a neutralidade da matéria... Se eu tenho um número de cargas positivas eu tenho que ter o mesmo número de cargas negativas... É isso que vocês já tem a idéia da neutralidade da matéria. Então, aqui, o grupo SO_4, ele vai ter, que carga?
Aluno: duas cargas negativas...
Graça: Duas cargas negativas... Vocês também já aprenderam que quem tem carga positiva, recebe o nome de que?
Aluno: cátion
Graça: E quem tem carga negativa?
Aluno: ânion.

Nessa última seqüência, uma espécie de revisão dos tópicos centrais que Graça fez, percebe-se bem que a questão da reatividade dos metais, um assunto que estava entravando a constituição do conhecimento segundo uma lógica de quem o está constituindo, não aparece mais. Fica, apenas, uma observação da professora: *'algumas reações aconteciam e outras não ocorriam'*. Os alunos conseguiam participar do diálogo e usar, de maneira adequada, os objetos teóricos, elétrons e íons, para explicar a condutividade elétrica. A situação permitia um avanço mais ousado na interpretação teórica e, conseqüentemente, a interpretação das trocas metal/íon nos 6 sistemas observados e descritos. Essa retomada da professora, de uma forma mais clara, deve-se ao grupo de reflexão das segundas-feiras. No grupo haviam sido discutidas as dificuldades encontradas e foi feito um replanejamento da seqüência didática. Os replanejamentos aconteciam a partir de dificuldades sentidas pelas professoras e relatadas no grupo, ou a partir da análise de fitas de vídeo sobre as aulas que eram filmadas. A partir dessas análises, eram marcadas novas ênfases e firmados pontos do referencial teórico que estávamos desenvolvendo. O proprio referencial teórico era testado, assim, pelo trabalho do dia-a-dia das professoras, ou seja, era testado empiricamente. Uma dessas reuniões marca bem essa situação de pesquisa na

forma de reflexão sobre a prática e o programa em desenvolvimento. Como ilustração dessa situação apresento trechos transcritos da reunião para que o leitor possa perceber a influência que isso tinha sobre a prática da professora nas aulas seguintes. A seqüência didática anterior, apresentada pela Graça, à qual fiz referência como sendo uma retomada de rumo, bem como a seqüência que vai se dar depois, foram possíveis graças à reflexão no grupo sobre a prática e o programa em desenvolvimento. A reunião aconteceu após ter sido filmada a aula da professora Graça que versava sobre a *condutividade elétrica dos materiais*. E, ao testar as soluções resultantes das reações nos 6 sistemas acima, Graça incorporou novas ênfases que lhe haviam escapado, permitindo, assim, mediar melhor o entendimento da situação sob estudo.

> *Otavio: O nosso trabalho, hoje, vai ser o de discutir a aula da Graça. Outras aulas serão filmadas, a partir da própria crítica dessas aulas ela poderá voltar ou fazer a sua própria análise, sua própria reflexão. O vídeo tem uma vantagem: você pode voltar e ver novamente o que aconteceu naquele momento. Sem dúvida, vai ser um material muito interessante para a nossa pesquisa... É muito importante que tenham um espírito crítico, de analisar, ver como poderia ser diferente, como é que ..., o que foi bom naquele momento... Vocês vão ver que tem muito mais acertos do que erros... Não há erros, na verdade, são coisas que vamos observar, coisas que ela não falou e podia ter feito... No final peguei dois alunos e fiz uma perguntinha a eles... Isto é para vocês verem, olhando o que os alunos falaram após a aula, verem o limite de uma aula. Uma coisa é o que nos propomos pelo ensino, outra coisa é o que, de fato, ocorre na aula junto aos alunos...É importante perceber isso e vocês vão ver o que os alunos disseram naquele momento. O resultado dessas análises vai depender da maturidade de vocês; sei que vocês têm essa maturidade. Isso jamais poderá ser usado para os alunos (contra eles), mas é material para vocês... Jamais poderemos falar depois ao aluno: olha você não percebeu isso ou aquilo... Sei que vocês jamais utilizarão o material coletado contra algum aluno... Peguei dois alunos, ao acaso, eles nem queriam falar, mas acabaram nos dando uma idéia boa do que aconteceu com eles nessa aula que vamos analisar pelo vídeo... Serve para ilustrar bem que a proposta de ensino é uma coisa e a aprendizagem é outra; são coisas sempre diferentes! Temos de ter consciência disso. E outra coisa, o aluno não aprende porque viu... A aprendizagem só poderá vir em cima da reflexão do que viu. Esta é a grande mudança em relação às propostas positivistas e que acham que pelo simples fato de sentir, ou de perceber pelos sentidos, é possível aprender... Os sentidos são importantes, mas não constituem a única forma... O sentido é importante mas é importante também a reflexão. A partir dessa fita vamos aprofundar essa percepção.*

Vou gravar a nossa conversa sobre a fita... Primeiro vamos ver o vídeo e depois vamos conversar, repassar e observar outras coisas... Se quiserem anotar alguma coisa nessa primeira passagem da fita... para depois olhar com mais detalhes. Esse material é chave para eu verificar como é que o professor que se propõe a participar de uma formação continuada, como essa em que estamos envolvidos, em cima da reflexão e do estudo conjunto, em cima de um programa de ensino, em cima das próprias aulas... como é que esse grupo avança no sentido de ver o Ensino e a Aprendizagem em sua prática escolar. Está bom?

(passa-se a fita, e só após convida-se os professores a discutirem)

Otavio: Está aberta a discussão...

Sara: Achei que a aula foi bem conduzida, achei que foi bom, você pegou todos os itens... E mesmo que no início ficassem em dúvida sobre o que permitia a condução de corrente elétrica, quando mostrou a condutividade de água deionizada e água de torneira, já tirou a dúvida, esclareceu e eles chegaram à conclusão que tinha que ser no sal mesmo, no composto que estava...

Graça: que tinha alguma coisa no composto que permitia a condução...

Ângela: O problema do espaço é grave...

Graça: Quê espaço?...

Ângela: Você faz o experimento aqui, eu também faço assim, eu aqui com os alunos ao redor..., quem está lá na ponta da pia... se quer, vem, se não quer...

Sara: Mesmo pela filmagem você vê que deveria ter filmado de frente para mostrar que não estava encostando os fios...

Ângela: Quem está lá de longe enxerga um ângulo...

Graça: Mas os alunos viram...

Ângela: Quem está lá na lateral..., na posição em que você estava (filmador) não vê [os detalhes da prática em desenvolvimento]. Isto a gente tem que pensar!

Graça: Mas eu, ainda, acho preferível esse tipo de conduta, mesmo muito amontoado, até que não estava muito amontoado...

Ângela: Não, amontoado não...

Graça: ... mas este tipo de conduta é melhor, do que você chegar [na aula]: os metais conduzem corrente elétrica, põe na lousa e eles copiam; eles conduzem porque têm elétrons, eles copiam, entendeu?... As soluções..., aí eles não têm idéia, dos metais têm idéias. Como é uma solução de metal, entendeu? Lá eles viram, foi, eu fui, voltei... O sal (cloreto de sódio), realmente, não testei, me passou... Testei o sal sólido [e não sal dissolvido ou em dissolução na água] e no final, já tinha passado tudo daí eu fui...

Ângela: mas você testou o sal sólido, não testou o açúcar sólido...

Graça: O açúcar sólido eu testei, não testei o sal sólido e também deixei para o final, entendeu... No 1ºF, coloquei todos os sais, todos sólidos, depois eles fizeram a dissolução para mim e eu ia testando... O sal, realmente, passou... e é importante, ele ver o que é um sal, que não é só com os sulfatos...

Ângela: ... que não são só os sulfatos, é isso que eu ia falar...

Otavio: Depois, quando derem estruturas, mostrar, e você ressaltou isso, que são muito parecidos [macroscopicamente] (sal de cozinha e açúcar) mas temos de achar um modelo de explicação para a sua constituição [microscópica] para dar conta do que acontece com a condutividade deles em solução. Quer dizer, quando entrar nessa questão das ligações químicas, vai ser chave... As duas substâncias são parecidas (aparência à vista) e ao mesmo tempo são tão diferentes ao nível das partículas...

O que mais?.... Estão mais tranqüilas, principalmente, vocês duas (Ângela e Sara) que ainda vão ser filmadas?... Vocês têm que se preocupar com eles (os alunos) e o resto...

Ângela: É aula e é aula e acabou.... esquece o resto... Prestar atenção (na filmagem), aí dispersa...

Graça: Não, se pensa que tem alguém ... que sabe mais que você, que está assistindo aí, preocupa, inibe mesmo..., é o tipo da coisa que... Sabe quantas aulas eu dei para professor, na minha vida? Uma, em Práticas de Ensino e ainda Tabela Periódica que caiu para mim... Cada aluno dava uma aula sobre um assunto sorteado no começo do semestre e o professor ficava ali...

É importante observar, aqui, que nessa primeira parte da reunião as duas colegas da Graça, a Sara e a Ângela, se ativeram muito nas coisas mais externas, diria superficiais. O vídeo mostrou situações importantes, falhas de condução e concepção e que não estavam merecendo a devida atenção. Atribuo isso à inexperiência do grupo para uma análise desse tipo. Novamente, a mediação no grupo tornava-se crucial para que outras coisas aflorassem na discussão. Constituíamos um grupo de professores em formação continuada, um grupo de professores que queria e precisava atingir novos níveis de conhecimentos pedagógicos para mudar a sua prática.

Otavio: Vamos observar mais algumas coisas aí e que são muito importantes... A questão de fechar o circuito elétrico é chave. Isso se dá por cargas elétricas; [isso] deve ficar muito claro; nós temos de saber aonde queremos chegar! A forma como a Graça organizou as suas aulas, dentro do programa de vocês, foi trabalhar metais. Com isso salvou o programa, coisa que, desde o início, ressaltamos: valorizar o que vocês já vinham fazendo. Então, metais era um dos itens do programa de vocês. Só para historiar para vocês, nas aulas anteriores ela, de fato, entrou no assunto dos metais: como é que estão na natureza e uma série de coisas... Os alunos estão fazendo uma pesquisa e as aulas foram, realmente, interessantes. Bom, e nós já falamos sobre isso na reunião passada... Agora ela introduziu estes metais na forma de compostos.... E, ao mesmo tempo, usou...

Ângela: o termo que ela usa: metal normal e metal em solução... Você sabe que nunca pensei nisso. Nunca pensei em falar metal na solução... nunca!

Otavio: Isso, e é bem diferente... E o interessante é o seguinte: a professora captou bem o espírito disso; está aqui o metal, esse jeito de conhecer o metal... Agora, como é que eu sei que no sulfato de cobre tem o metal presente? Então, essa coisa tem que ser insistido... Vejam, só dá para saber pelo nome...Isto que eu chamo organizar o pensamento pela palavra, quer dizer, a palavra permite organizar o pensamento químico, a fala permite organizar o pensamento... Essa é uma das coisas pilares de nossa proposta... Tem que continuar insistindo: nesse composto, sulfato de zinco, qual metal está presente? Ora, o zinco... Por que? Porque chama: sulfato de zinco. Representa-se por $ZnSO_4$. Graça já fez isso em aula... Isso, então, na minha opinião, deve ser retomado nessa aula da condutividade, tem que estar claro... Pela palavra e/ou pela representação, o aluno sabe que o metal existe, embora a substância não se pareça nada com o metal como ele é conhecido, usualmente... Assim vai ter de alumínio, de ferro... Mas não era isso que eu queria falar! A minha idéia, e que vou retomar, era que ela entrou na questão dos metais, portanto, preservou o programa, e os alunos vão fazer uma pesquisa sobre metais, o que está muito bem encaminhado... E, ao mesmo tempo, vamos pegar esse ambiente rico, que eu chamo assim, ***o meio rico em vivência****, que é dos metais, para introduzir coisas bem mais abstratas, que a Ciência já diz na linha da Estrutura da Química. Queremos entrar, a partir disto, nas idéias de que existem, nos metais, [e na matéria, em geral], cargas elétricas... E para entrarmos nisso, usamos um modelo que se conhece bem:* ***o circuito elétrico!*** *Só tem passagem de corrente elétrica se ele estiver fechado. No caso, a lâmpada acende... Isto você fez perfeitamente. Agora, o que fecha o circuito elétrico são cargas [elétricas] em movimento... A Ângela, a cujas aulas estou assistindo, também, insistiu muito nisso! Nesse aspecto, ela captou a idéia do movimento, que para você, Graça, está ausente nessa aula, você percebeu...*

Graça: É!...

Ângela: Mas [os alunos do] terceiro colegial conhecem a ligação química, sabem que o sólido também tem íons; no caso do sal sólido, ele tem íons, como é que não acende [a lâmpada] no sólido?...

Graça: Eu não entendi...

Ângela: é o seguinte: supondo-se que o terceiro colegial já conheça a ligação química, eles iam falar assim para mim: você tem aí vários tipos de sais, sulfato de cobre, de zinco, cloreto de sódio... , eu sei que a ligação aí é iônica e se é iônica é porque tem íons... Como é que o sólido não conduz e em solução conduz?... Também tem íons, só que em solução estão livres, nos sólidos os íons estão mais, estão presos...

Otavio: Então, essa idéia de movimento...

Graça: É o que você chama de livre e semi-livre?

Otavio: Isso! Para permitir o movimento de deslocamento, no mínimo... Então, veja, o elétron no metal, não está completamente livre, se não ele ia embora...
Graça: sim, está ligado , permite-se a movimentação...
Ângela: Não é como no sólido iônico em que as cargas, os íons, estão presos...
Otavio: É, um íon ligado no outro o que não permite a mobilidade para a condução de corrente elétrica... A idéia que a Ângela usou bastante, pena que não filmei essa aula, está apenas gravada em áudio, ela insiste muito na idéia de movimento. Esta é uma palavra que você deve introduzir em sua aula, Graça, mesmo que seja no primeiro ano.... É claro, a Ângela teve uma visão crítica, por ser no terceiro ano, os alunos já sabem que há íons nesses compostos iônicos... No primeiro ano eles ainda não sabem. Então, por isso você não teve tanta preocupação... No caso dela, ela teve preocupação e isso se tornou muito interessante, porque o circuito elétrico só vai fechar se tiver, entre os terminais, um material que permite o movimento, a mobilidade de cargas elétricas... E quais são essas cargas elétricas? Nos metais são os elétrons semi-livres... É esse o modelo que tu vais introduzir. Não importa que, por enquanto, o aluno não saiba o que são esses elétrons semi-livres, eles, simplesmente, estão semi-livres.... Se alguém perguntar por que semi-livres, dificilmente vão perguntar isso agora, você pode responder que não estão totalmente livres como vamos ver no modelo de constituição dos metais... Estão suficientemente livres para permitir que se movimentem entre os terminais, do contrário não se poderia fechar o circuito elétrico... E quando você tem o composto SAL, e você usa essa palavra sal, estes íons, que são as outras cargas elétricas, estas não estão livres... Em água, você insistia Ângela, eles estão livres, estão em movimento... E aí esse negócio de aproximar os terminais do cristal de sal que está se dissolvendo...
Sara: É, você não fez isso...
Otavio: Ela fez um pouquinho, [não teve muita preocupação com isso]. A Ângela colocou um cristal, porque entrou com outra (preocupação)... Para ela os metais tinham que conduzir, para ti, Graça, era ver se os metais conduziam, se conduziam deviam ter cargas móveis... Então, são outros sentidos, outros significados que estavam sendo negociados... Não tem problema, estava certo, também, o que a Graça fez... No caso, a Ângela insistia no movimento, ela afastava do cristal [que estava em dissolução], ela não misturou o sal na água, e a lâmpada acendia bem fracamente no início ou não acendia mais quando afastava os terminais do cristal... Então, o que está acontecendo?... Ao se espalharem os íons, que se produzem na dissolução, estão agora se movimentando em toda a massa da solução, estão livres em toda a solução. Essa é uma ênfase importante que se pode dar...
Graça: Eu fiz isto só com o sulfato de cobre e depois dei para o aluno dissolver o sal...

Otavio: Mas a idéia de movimento você não realçou... Pode, na próxima vez, introduzir [esse realce] que vai ficar muito interessante, porque os alunos estão aptos a constituir essa idéia...

Ângela: Quando chegar na ligação química vai ver ....

Otavio: Isto tu vais usar tudo na tua argumentação, na tua negociação de novos significados... Esta idéia, então, você já pode marcar, como muitas outras... Veja, a palavra ***íons*** *ficou marcada para eles, muito bem marcada, como as micro-estruturas responsáveis pela condução de eletricidade, mas não ficou marcado que íons são cargas elétricas... Isso não ficou muito bem...*

Graça: Não!...

Otavio: Mas esta é uma questão chave que você deverá, ***na discussão****, não sei como você está pensando para amanhã, começar a retomar e a rever: o circuito fecha por que? Tem que haver cargas elétricas móveis... Temos cargas elétricas nos metais? Os alunos vão dizer, sim! Como se chamam? Elétrons, representa por* e^-*...*

Temos cargas elétricas na sacarose? Eles dirão: Não! Nós sabemos que têm, porque toda a matéria é constituída de cargas elétricas... Eles dirão que não!... Aí tem que negociar: olha, vamos com calma, não é que não tenha cargas elétricas, não tem cargas elétricas livres, que possam permitir fechar o circuio elétrico... Você percebeu a idéia? Agora, têm cargas elétricas no sulfato de cobre sólido? Eles vão dizer, com certeza, não! ... Veja, você tem que firmar bem a idéia de movimento de cargas... Por que não tem? Ora, porque não acendeu a lâmpada... Agora, coloca na água: tem cargas elétricas? Eles vão dizer sim!... Aí é que você entra: na verdade, no sulfato de cobre sólido não temos cargas elétricas livres....

Temos, ainda, uma outra palavra chave, suficientes... Realçar a idéia: não temos cargas elétricas livres suficientes para acender a lâmpada. Disso você também não se lembrou! A palavra é suficiente... Vejam bem, a Graça disse : ***água deionizada*** *totalmente sem íons... Essa frase aparece! Vocês são químicos, sabem que isso não é verdade! A água pura nunca é apenas* H_2O*, ela é* H_2O*,* H^+ *ou* H_3O^+ *e* OH^-*. Portanto, água deionizada não tem íons suficientes... Quando chegar lá nos ácidos e bases, você deve falar na autoionização da água... Aí o aluno vai falar, um aluno esperto, aquele que eu sempre quero nas minhas aulas, vai dizer: professora, lá naquela aula da condutividade elétrica, foi-me dito que água pura não tinha íons, e eu mesmo vi que a lâmpada não acendeu, portanto não havia cargas elétricas nessa água... A professora mesmo falou que a água deionizada, a água pura, não tinha íons! Como é que fica, agora?...*

Ângela: Mas a gente fala sem querer, essa palavra dela totalmente (sem íons), a gente fala sem querer... Na verdade não é isso, mas é a palavra que a gente usa...

Graça: Exato! É por isso que a gente tem que se policiar e ver a palavra...

Otavio: Sempre tem que saber aonde quer chegar...Você vai chegar na questão da água várias vezes. Lembrem-se, a água é um dos itens centrais do programa

de vocês. Então, água pura, tem íons... Por isso a palavra totalmente está mal empregada... É bom usar: cargas elétricas livres, ou semilivres, suficientes para acender uma lâmpada de 25W. Se colocarmos uma lâmpada de dois watts no circuito e testarmos a água deionizada ela vai acender! Se coloca um amperímetro, mais sensível, ele vai mostrar a condução de eletricidade em água pura, isto se deve aos íons H^+ e OH^-, produtos da auto-ionização da água. Sabemos que a concentração desses íons é determinada pela condutividade elétrica da água, mesmo pura... De lá se tira o produto iônico da água como sendo 10^{-14} M^2, a 25°C... Quer dizer: todas essas coisas precisam ser "amarradas"; a nossa Química não é assim (em compartimentos). Vocês precisam romper essas "cascas" que separam os conteúdos em partes estanques. As instituições formaram as cabeças de vocês como se as coisas fossem isoladas. Temos de, realmente, fazer um bloco só, tanto da parte filosófica, epistemológica, da psicologia, quanto do conhecimento químico e de outras formas de ver o mundo... Cada palavra, cada coisa que vão falar vai ter repercussão na seqüência... E se a gente consegue ver assim as coisas, a matéria vai se tornando maravilhosa e os alunos vão ficando sempre mais envolvidos com o conhecimento e vão achar isso muito bonito... Como, aliás, já está acontecendo. Vejam, esse capítulo dos metais, vai desembocar aonde? Lá nas ligações químicas! Essa parte dos íons na água, mesmo pura, vai desembocar lá no estudo dos ácidos e bases em solução aquosa, no pH, etc.

Ângela: O aluno, no final da aula da Graça, já falou em pH para explicar a mudança de cor do sulfato de cobre que foi aquecido e desidratado... Com certeza, ele tem um aquário. Lembro que no ano passado, a primeira coisa que associaram, quando falei em pH, foi com o xampoo...

Otavio: Mas aí tem uma coisa mais profunda... Vou dar o exemplo de um aluno teu, Ângela... Tenho várias coisas anotadas sobre você aqui... São coisas boas, maravilhosas... É o seguinte: quando a Ângela falou do mercúrio...Veio a questão dos metais e apareceu o mercúrio. Associado com isso veio que os metais conduzem bem a eletricidade, têm elétrons semi-livres...

Ângela: já sei porque eu pus o mercúrio. Eu queria mostrar para eles que não só tendo sólido, mas também líquidos conduziam a eletricidade sem estar em solução; por isso coloquei o mercúrio... Eu devia ter colocada para ela hoje....

Otavio: Vejam bem, a menina, no caso, mas os alunos, em geral, 'puxam' teorias e tentam sempre incorporar as coisas [novas] nas teorias que já possuem. Ou, possuem uma vivência e esta vivência eles jogam nessa teoria que acabam de aprender. Têm várias formas de o aluno fazer isso... No caso da aluna dela, ela começou a ver que os metais conduziam eletricidade e isso tinha lógica..., pois a Ângela tinha feito a atividade da condutividade em aula e ela discutiu isso na aula seguinte, lá na sala. Uma menina levantou e disse o seguinte: 'professora, então o mercúrio deve ter muito mais elétrons livres...porque ele bloqueia os neurônios do cérebro'. Foi uma coisa assim... A Ângela levou um susto! Acontece que a

aluna lera sobre a toxidade do mercúrio. Tinha, pois, um conhecimento e ela estava procurando uma teoria... Qual a teoria que ela acabou de adquirir sobre os metais? Que conduzem bem a corrente elétrica porque possuem elétrons semilivres... Então ela jogou esse saber que ela constituíra pela leitura, nessa teoria! Ela pegou essa teoria, dos elétrons livres para fechar o circuito elétrico, como o mercúrio tendo muito mais elétrons semi-livres, porque ele bloqueia o sistema nervoso... A Ângela falou: ah, sim! Ele é muito tóxico, tem muita toxidade... e começou a enrolar.

Ângela: Maldaner, eu não sabia o que responder..., depois fiquei pensando assim: tabela periódica, onde está o mercúrio, quantos elétrons tem...

Otavio: Você também quis jogar naquela teoria [da configuração atômica]... Não tem como explicar por aí! É natural a gente não saber tudo...

Ângela: e aquela do enxofre? O aluno quis saber se fizesse o teste da condutividade com o enxofre sólido, se acendia a lâmpada? Quase fui lá pegar o enxofre para mostrar.

Otavio: É o que devia ter feito... Como está no 3º Ano, volta um pouco, fala dos não-metais...

Ângela: Mas eles não sabem tabela periódica, Maldaner...

Otavio: Eu sei, nós estamos lutando contra esse tipo de ensino em que os alunos aprendem só para alguns dias, até passarem as provas...

Ângela: Aí está o erro do professor, meu, por exemplo. A gente ficou o ano inteirinho lá batalhando: ácido, base, sal, água. reação..., Trabalhou daquele jeito, mas trabalhou! Será que não lembram nada? A aluna me pergunta de onde vem o +2 do íon cobre... De onde vem o -2 do Sulfato...

Otavio: Aliás, é difícil de explicar isso...

Ângela: Eu sei que é!

Graça: Sabe, Ângela, é muito complicado; cada um trabalha de um jeito! E outra coisa, não está tendo unidade... Eu trabalho assim no primeiro ano, vocês já sabem o que os alunos, após o primeiro ano, aprenderam, como foi o trabalho... Estamos sempre colocando aqui em comum para todos... Mas se não tiver essa conversa, semanalmente, como é que está a parte pedagógica, como é que está em nível de conhecimento, [não vamos avançar nunca]. Temos esse espaço, mas ainda é pouco para a gente poder andar com unidade, trabalhar com o mesmo esquema. Enfim, a linguagem química é universal, é uma só, mas no fim cada uma acaba tendo a sua própria...

Otavio: Mas qual a diferença, se fosse um professor como trabalhava nos outros anos e agora? [É disso que nos temos de nos dar conta]! Agora a Ângela, por exemplo, dá importância a coisas que eles não sabem. Não adianta você trabalhar coisas lá adiante se eles não sabem coisas que estão para trás...

Ângela: Imagine se eu chego na eletroquímica do jeitão que está lá no livro. Eles vão saber o mecânico: oxida, perde elétrons, reduz, ganha elétrons... , tem duas semi-reações, soma...

Otavio: Nós vamos chegar lá, também! Mas isso é a coisa mais fácil, tem que entender... No caso, o que eu quero dizer: o aluno procura no que ele tem alta vivência em uma teoria que acabou de aprender. Ou, se aprende algo novo, ele tende a jogá-la em uma teoria que já tem antes... Eu me lembro que, nessa atividade da condutividade elétrica, na oitava série, elencamos umas 10-15 substâncias. A professora fez a atividade enquanto discutia com os alunos... Aliás, os alunos a executavam em grupo... Num momento o aluno elaborou uma "teoria". Começou a ver que com álcool C_2H_6O, a lâmpada não acende, com acetona C_3H_6O não acende, o mesmo com sacarose $C_{12}H_{22}O_{11}$,... Aí a professora pegou o vinagre, solução aquosa de ácido acético $C_2H_4O_2$. O aluno, prontamente, previu: não acende, professora! A professora disse: Mas por que não acende? Ora, disse o aluno, tem Carbono C, e quando tem carbono não acende... é como o açúcar, glicose, acetona, álcool... todos tem carbono, nenhum acende, então, se tem carbono não acende. Com vinagre não vai acender! Está bom, disse a professora; vamos testar. Para o espanto do aluno, acendeu... O aluno disse: professora, não sei mais nada...

Ângela: mas aí teria que dizer: ácido clorídrico, ácido acético...

Otavio: É, o aluno tinha feito uma "teoria"...

Graça: ele generalizou...

Otavio: A professora apresentou o problema para mim e eu sugeri que fizesse outros testes com substâncias que tivessem C, como carbonato de sódio, bicarbonatos... A idéia é sempre essa: se você não der uma teoria, se não negociar uma teoria, o aluno tentará fazê-la, tentará jogar os fatos em uma teoria... Ou ele a cria ou joga em outra que ele já possui. Há, ainda, a situação de ele jogar um fato de sua vivência em uma teoria que você acabou de negociar com ele. Isso nós temos de saber! É a forma como se organiza o pensamento das pessoas, que é sempre um pensamento generalizante, conforme nos diz Vygotsky, por exemplo. Esse aluno, do vídeo após a aula da Graça e que acabamos de ver e ouvir, generalizou. Ele viu que mudou a cor e esqueceu tudo o que tinha visto em aula e raciocinou com pH, que talvez, e aí concordo com você, Ângela, ele sabia relativo ao aquário... Podia até ter perguntado porque ele falou em pH...

Ângela: Eu acho que mudança de cor para eles é aquela medida do aquário...

Otavio: Ele jogou esse assunto da mudança de cor do sulfato de cobre quando desidratado ou quando reidratado, em uma teoria que ele já possuía.

(...)

Ângela: Deixa eu fazer só um parênteses, sobre a água que muda a cor do sulfato de cobre... Hoje eu vou colocar para eles um béquer com sulfato de cobre dissolvido, uma lâmina de zinco.

Vou fazer demonstrado lá na sala de aula... Eu fiquei pensando o seguinte: eles vão ver desaparecer a cor azul... E se um aluno dela chega para mim e diz: a cor

azul é devido à presença da água na estrutura do cobre... Como é que fica? A água está ali...

Ot: Então vamos ver como é que fica. Já estamos falando da aula da Ângela... Se eles virem isso vai ser fantástico!... Tem ainda cobre na solução?... Eles dirão: não, não tem mais cobre porque deixou de ser azul... Eles já sabem porque discutiram isso no primeiro ano... Mas a aula da Ângela, no estudo da eletroquímica, tem outra finalidade. Para Graça, no primeiro ano, foi ver que sai cobre da solução e deve entrar outra coisa por causa da neutralidade de cargas, nós vamos chegar lá. O nitrato de prata, com cobre metal, sai prata e entra cobre na solução... Como é que vai saber que entrou cobre? A solução era incolor e vai tornar-se azul... Nós queremos que eles relacionem, com o cobre solução, o mesmo que cobre no composto com a água de cristalização, [pela cor] azul... Esta idéia tem que estar bem formada. Se não tem mais cobre na solução, a solução deixa de ser azul... E se não era azul, o caso da solução de nitrato de prata, e ficou azul quando se coloca cobre metálico, é sinal que entrou cobre para a solução... O cobre deve ter desgastado... Este é o raciocínio a ser trabalhado na aula do primeiro ano... (...). [Ao introduzir o estudo da eletroquímica, no terceiro ano, por exemplo,] vamos pegar solução 1M de sulfato de cobre, colocar uma porção suficiente de zinco para poder reagir todo cobre... Fazer eles pegarem o copinho para sentir o calor que se desprende dessa reação [ou mostrar por termômetro], para verem que desprende energia. ***Temos de entrar na idéia da energia envolvida na reação, pois você está querendo entrar no estudo das pilhas químicas...*** *Não é o caso da Graça; ela quer entrar na Estrutura da Matéria e sua relação com as cargas elétricas... Vocês viram como é que é diferente a perspectiva?...*

Mas há o caso de uma outra aluna da Ângela [que eu gostaria de comentar aqui]...

Graça: Mas, e o caso do mercúrio?

Otavio: Ela 'enrolou' porque a aluna jogou [a questão da toxidade maior do mercúrio] na teoria que acabara de aprender. E a Ângela disse: não, porque ele é líquido penetra mais fácil... E tocou para frente (na matéria)...Eu duvido que ela acredita nessa história...

Ângela: Às vezes eu tenho um bloqueio parece que não tem nada na cabeça para explicar... Nesse caso, o que você faria? Pegaria o metal líquido lá...

Otavio: Nesse caso faria o seguinte... Aliás, vocês estão esquecendo uma coisa e acho que é chave para o professor profissional. É a questão das tarefas para os alunos...

Ângela: Ah,... vai pesquisar!

Otavio: Não! [Poderíamos] fazer o seguinte: isso da toxidade é uma coisa importante. Há uma situação importante ligada aos metais pesados. Vamos ver se a gente consegue achar algumas coisas que tratem da toxidade dos metais para a

aula seguinte. Aí você começa ver que um ou dois alunos começam a procurar. Essa menina, com certeza...

Ângela: Ela trabalha em laboratório de prótese dentária, mexe com metais...

Otavio: Então ela sabe que são tóxicos. Ela queria uma teoria e a teoria adequada não é essa (a da condutividade elétrica)... Como é que os metais agem no sistema nervoso, por exemplo, é uma questão que eu não saberia explicar no momento. Não tenho obrigação de saber. Eles encontram em revistas e outras bibliografias, como é que eles agem... mas não é por causa da condutividade. Ela queria explicar pela condutividade, ela tinha uma 'teoria'... Eu achei bom isso ter acontecido...

Ângela: Eu achei terrível!...

Otavio: É por isso que temos de deixar os alunos falarem...

Graça: Eu acho bonito se fosse eu para perguntar... Acho que nunca me deram espaço para perguntar...

Otavio: Eu acho ótimo isso, vejam, estamos aprendendo... Mas há uma questão de íon que gostaria de falar com a Ângela. Uma aluna ficou preocupadíssima, e com razão, ela está sendo avaliada, sabe que vai ter que saber as fórmulas, no caso dos compostos iônicos... A Ângela tranqüila; estava dando as fórmulas: sulfato de zinco, Zn tem duas cargas... aliás trabalhou muito bem esta parte.

Graça: Como é que você trabalhou?

Ângela: A contagem das cargas + e -, na formação dos compostos iônicos. Tem que ser neutro...

Otavio: É isso, e eles conseguiram relacionar bem. Mas uma aluna viu que ela tinha que saber as cargas dos cátions. Como é que ela ia saber?.. Aí tem uma questão e temos de 'puxar' a nossa base teórica, de tendência histórico-cultural. Lembrem, o professor sabe mais que o aluno sobre a matéria que está ensinado, tem mais vivência, etc... O desenvolvimento dos processos mentais superiores, como a memória voluntária, dá-se pela mediação. A palavra é um signo, um meio e que permite essa mediação. Então, no caso desta aluna, ela tem a possibilidade de dupla mediação. Pela tabela periódica e pelo que o professor já sabe. Mas como ela não relacionou a carga dos cátions à Tabela Periódica, [um instrumento teórico já de domínio deles], a Ângela, que é a professora, sabe que é pela Tabela Periódica que se sabe o valor das cargas dos cátions, vai ter que mediar a formação da memória da aluna, para que ela se torne um processo mental superior e não memória reflexa...

Ângela: Porque, se não, é uma coisa automática. Eu coloco o valor do cátion, não pela posição na Tabela Periódica mas porque decorei uma lista de cátions com as cargas...

Otavio: É, tem que ser uma memória voluntária, ativa... Como é que o professor pode mediar isto? Em primeiro lugar, discutir que os metais têm carga positiva de 1 a 3 (normalmente). Só a partir disso já há grande chance de o aluno acertar as

cargas dos cátions. Os grupos 1A, 2A, 3A... terão as cargas fixas, respectivamente 1+, 2+, 3+.

Ângela: Mas, Maldaner, eu já tinha explicado isso para ela, no Laboratório no dia anterior, mostrei na Tabela... Chegou na sala ela perguntou de novo...

Otavio: Mas ela não tinha compreendido... Daí a mediação ser essencial. Tu tens que mediar a organização da memória dela... O professor é, por excelência, o meio, a intermediação ou a mediação pedagógica... Ela não vai atingir isso diretamente, ela vai ter de passar por ti... Esta é a nossa referência teórica. Então, você não pode perder uma chance dessas. Ela está preocupada, ela já havia feito a pergunta antes; está preocupada; sabe que depende disso a possibilidade de acertar as fórmulas e não consegue chegar lá, sozinha... Eu faria assim: temos que as cargas, nos cátions, são normalmente 1-3 positivas. Aí começa a desenvolver: quais os metais que cedem 1 elétron? Ah, é o grupo 1A. E 2 elétrons?... Ela já começa a enxergar... Mas há os metais de transição; estes variam as suas cargas. Quando se comportam como metais, como cátions, eles serão 1 a 3 positivos, no máximo 4+... Esses (metais de transição), aparecem pelo menos com 1+, 2+ e alguns com 3+... (refere-se aos subgrupos 1B e 2B). Mas o 2B todos terão 2+...

Ângela: Ah, que maravilha... E o cobre? Ele tem 1+...

Otavio: é do 1B! Este subgrupo pode ter 1+, 2+ e também 3+... (é o caso do ouro)... Eles não precisam saber isso de cor...

Graça: Eu sei, eu nunca mando decorar, mas tenho que organizar o pensamento deles...

Otavio: É isto mesmo! Ajudar a organizar a memória é também uma tarefa importante do professor. Porque a memória voluntária é um processo mental superior e isso necessita de mediação para se desenvolver...

Ângela: Eu já falei: guarde que é 2+ e acabou...

Otavio: É, e aí alguém disse, lá atrás, tem que decorar... Você não quis concordar, plenamente, não disse sim, mas deixou por isso...

Ângela: (...) é difícil!...

Otavio: Se fosse fácil desenvolver Ensino/Aprendizagem, tudo já estaria resolvido. Era só seguir um receituário... Mas não é fácil! ...

Ângela: Está bom! Então já sei que eu tenho que mediar a organização disso junto aos alunos...

Otavio: É importante não se perder uma chance dessas de voltar e negociar, novamente, essa organização do pensamento... É claro que você não vai precisar fazer uso de um tempo excessivo. Uma pequena divagação será importante para ela e para muita gente ao redor dela... Muitos dirão: agora eu entendi! Havia disponibilidade, [agora, em aprender esse assunto, o que pode não ter acontecido em um outro momento em que esta matéria fora dada].

Essa reunião de discussão, a partir da fita de vídeo realizada na aula da Graça, permitiu criar argumentos novos para a constituição do conhecimento químico junto aos alunos. Pela interação no grupo, ficou claro que a questão das cargas elétricas dos íons metálicos era chave para o correto entendimento do que estava acontecendo em nível da micro-estrutura da matéria, além de permitir a noção da existência de micro-estruturas na matéria que pudessem explicar os fenômenos criados e permitir criar novas situações de trasformação química do mesmo tipo. Enquanto a professora focasse a troca metal normal/metal solução, não envolvendo a questão das cargas elétricas ou dos íons metálicos e nem a transferência de elétrons para possibilitar essa troca, os alunos teriam dificuldades de entendimento. Faltava o conceito que pudesse direcionar a discussão. A partir dessa reunião isso ficou mais claro.

Graça: (...) Então, gente, vamos, novamente, colocar: os íons são partículas carregadas com cargas positivas e negativas. O íon de carga positiva se chama cátion e o íon de carga negativa se chama ânion. Olha, ontem nós estávamos aqui: o que que acontece, nesse caso em que tenho cobre na solução... Se o cobre está na solução, vocês já me falaram que houve uma troca de metal... Vamos fazer: $CuSO_4(aq) + Zn(s)$. Era o sisteminha 3. Vocês observaram que houve a troca, o zinco com cobre. .. Agora eu tenho uma solução de sulfato de zinco aquoso mais o cobre: $ZnSO_4(aq) + Cu(s)$. O que estava acontecendo para que essa reação ocorresse?

Aluno: uma troca...

Graça: Quem que estava trocando com quem?... O metal zinco estava trocando com o metal cobre... O zinco estava de que maneira?

Aluno: metal sólido...

Graça: metálico, sólido... sem carga nenhuma, só com os elétrons semi-livres aí... E o cobre?

Aluno: aquoso

Graça: o cobre estava em solução ou não estava?...

Aluno: estava...

Graça: Então o cobre, se estava em solução, ele tem o que? ele tem...

Aluno (vários): íons.

Graça: íons... Então, o cobre tem carga +2, está em solução, o que que acontece para o cobre estar +2 e quando está na forma de metal... Ele tem carga ou não? ... Metálico... ele conduz corrente elétrica porque tem elétrons semi-livres... Mas, ele tem carga?

Aluno (vários): não.

Graça: Vocês observaram a neutralidade... Ele não tem carga... Então, o que acontece se eu tenho cobre que está em solução com carga +2, está com dois 'cátions', está com os íons livres em solução, se movimentando... O que acontece com o cobre? Deve passar de cobre 2+ e se transformar em cobre metálico. Que,

macroscopicamente, era o que vocês viram se depositando lá no zinco metálico, aquela cor amarelada, pode-se dizer, cobreada. Aquilo era o cobre metálico, ele saiu da solução e ficou depositado. E o zinco que eu coloquei lá dentro que era o metalzinho e que não tinha carga nenhuma, ele entrou na solução. Então o cobre, olha aqui, prestem atenção no raciocínio, o cobre estava na solução na forma de íons, ele passou para a forma metálica. Agora, o zinco, pessoal, o zinco, como ele estava quando começamos a reação? ... Na forma metálica sólida. Ele não tem carga. O que que aconteceu com ele?

Aluno: ele passou prá solução.

Graça: Isso! Ele passou para a solução. Já vimos, aqui, que se tornou sulfato de zinco... Então, ele era zero Zn^0 e ele passou para a solução. Agora, ... na solução, tenho o que em movimento?

Aluno: íons...

Graça: Íons! Isso mesmo. Se o agrupamento SO_4, vocês já chegaram à conclusão, que ele tem carga -2, o cátion, o Zinco, tem que carga?

Aluno: +2

Graça: +2! Então, o que que aconteceu aqui, lá no íntimo das moléculas, Zn^{2+}, o zinco que era aquele metalzinho, aquela plaquinha que vocês colocaram lá dentro do sulfato de cobre, ele zero, era metal, ele passou a ser +2, por que pessoal?

Aluno: ele entrou na solução.

Graça: Ele entrou na solução... E como vocês caracterizaram a entrada do zinco na solução?... Que cor era a solução inicial?

Aluno (vários): Azul.

Graça: Azul! Aí, como é que vocês enxergaram que o zinco entrou na solução?... Vocês viram os íons, escrito neles: é esse?...

Aluno: não!

Graça: ... mas como foi caracterizado isso daí?

Aluno: pela mudança da cor da solução ...

Graça: Pela mudança de cor... Se saiu a cor azul é porque o cobre saiu da solução. Se ele saiu só tem quem para entrar no lugar dele?

Aluno: o zinco...

Graça: O zinco. Agora, vamos prestar atenção nessa comparação aqui: então, o cobre estava em solução, estava Cu^{2+}, passou, depois da reação a cobre zero Cu^0. O zinco estava zero, estava neutro Zn^0, e entrou na solução, ele ficou lá dissolvido na solução, formando íons Zn^{2+}. O que vocês acham que aconteceu para o cobre Cu^{2+} que era +2 passar para cobre zero Cu^0? O que ele ganhou, o que ele perdeu, o que aconteceu aqui, nesse caso? $Cu^{2+}(aq) \Rightarrow Cu^0(s)$)

Aluno: ele perdeu os íons...

Graça: ele perdeu os íons... Mas os íons aqui estão com quê carga?

Aluno: positivas...

Graça: Então, uma possibilidade era o cobre que tinha duas cargas positivas, perder essas duas cargas positivas e ficar zero (Cu^{2+} -2+ $\Rightarrow$ Cu^{0}). Ele perde duas cargas positivas! E pode haver uma outra possibilidade, ou não?
Aluno: ganhar duas cargas negativas...
Graça: Isso! Ganhar duas cargas negativas, porque +2 e -2, dá zero. Eu tenho as duas possibilidades: ou ele podia perder as duas cargas positivas ou ganhar as duas cargas negativas. Vamos tentar fazer o mesmo raciocínio para o o zinco que era zero Zn^{0} e passou para zinco Zn^{2+}, ou (Zn^{0} $\Rightarrow$ Zn^{2+}), nessa transformação química aqui. Então o zinco que era zero , como é que ele pode ficar +2?
Aluno: ganhando duas cargas positivas...
Graça: ... então, zinco ganha duas cargas positivas: Zn^{0} + duas cargas positivas $\Rightarrow$ Zn^{2+}. E uma outra maneira de ele ficar +2...
Aluno: perdendo duas cargas negativas...
Graça: ... perdendo duas cargas negativas ou (Zn^{0} -2(-) $\Rightarrow$ Zn^{2+}. Então, existem essas duas possibilidades. Todo mundo conseguiu enxergar essas coisas?
Aluno (vários): não...

Percebe-se, novamente, que a professora, ao não introduzir a palavra ou a idéia de *elétron*, acaba dificultando a compreensão. Já em momentos anteriores essa idéia havia sido introduzida, ou seja, os elétrons como as partículas negativas da matéria, mas Graça não a está usando, esperando que os alunos a redescubram talvez, ou adiando o seu uso no esquema explicativo. Isto arrasta, desnecessariamente, o desfecho da explicação. Embora Graça tenha demonstrado uma ruptura clara com a atitude pedagógica tradicional de transmissão/recepção, ela mantém uma outra atitude pedagógica tradicional que é o de ocultar um conhecimento que ela domina e que os alunos necessitam para poderem avançar na compreensão do fenômeno sob análise. Ao ocultar o elétron como partícula negativa na matéria e que pode ser transferido de uma espécie para outra, ela busca uma idéia muito mais abstrata que é o esquema matemático dos números relativos. Não que a professora não tenha essa preocupação em introduzir o conceito de elétron, o que vai acontecer logo em seguida. Chamo a atenção, apenas, que esse 'esconder o jogo' da professora, pode ser uma atitude pedagógica tradicional.

*Graça: tem aí um pouco de **raciocínio matemático**, de números relativos... Se ele era +2 e passou a zero, Cu^{2+} e passou a Cu^{0}, ele pode fazer isso perdendo esse 2+. A outra maneira era essas duas cargas positivas serem anuladas por duas cargas negativas. De que maneira podia ser isso? Ganhando duas cargas negativas. Ao passo que o zinco que era zero Zn^{0} e passou a +2, Zn^{2+}, podia ficar com duas cargas*

positivas, ele não tinha nenhuma... Ele ganhou duas e ficou duas positivas... De que outra maneira ele podia ficar 2+?

Aluno: perder duas cargas negativas...

Graça: Isso! Se ele era zero, perdeu duas cargas negativas, ele ficou com saldo positivo. Então, pessoal, esses dois raciocínios são válidos... Convencionou-se, a gente trabalha na Química e vocês estão conhecendo agora, as partículas que tem carga negativa... Então, o que vai acontecer, como é que nós vamos raciocinar em termos de perdeu ou ganhou? ... Nesse caso aqui, nós vamos trabalhar sempre com cargas negativas... A gente vai [raciocinar} em termos de perder ou ganhar cargas negativas... Poderia ser o positivo... Mas nós estamos falando de elétrons que são cargas negativas e vamos convencionar que é em termos de perda ou ganho de cargas negativas, ou seja, de elétrons, que se dá essa troca entre o metal/cátion de outro metal. Então, se é o Cu^{2+}, o que significa isso em termos de ganho e perda de cargas negativas ou elétrons?

Aluno: o cobre perdeu dois elétrons...

Graça: Isso! O cobre Cu^{2+} perdeu dois elétrons (e^-). E no caso do zinco?... Aliás, desculpe pessoal: o Cu^{2+} ganhou dois elétrons para se tornar cobre zero, Cu^0. ($Cu^{2+}(aq) + 2e^- \Rightarrow Cu^0(s)$). E no caso do zinco, que de Zn^0 passou para Zn^{2+}, como é que fica?

Aluno: ele perdeu duas cargas negativas...

Graça: Isso! Ele vai perder dois elétrons: ($Zn^0(s) - 2e^- \Rightarrow Zn^{2+}(aq)$). Vocês entenderam o raciocínio?... Eu poderia usar o positivo... Só que a gente está trabalhando com elétrons... Quem é que se movimenta ali na placa metálica e na solução? Quem se movimenta?

Aluno: os elétrons na placa metálica

Graça: Os elétrons! Então, é por isso que, na hora em que fomos ver nas três reações, qual reagia ou não, vocês observaram que o metal é 'mais forte' do que o metal que está na solução, ou o metal normal é 'mais forte' que o metal que está na solução e por isso reagia... Por que? Porque os elétrons são semi-livres [na forma metálica] e eles são facilmente movimentados ali... Eles passam do metal para o [metal] na solução, com a maior facilidade. O zinco que é metálico vai perder dois elétrons e vai dar para quem esses elétrons? ... Prá quem gente?...

Aluno: para o cobre...

Graça: Para o cobre Cu^{2+} que estava na solução e o cobre vira metal sem carga, Cu^0. ... Então, baseado nessa transferência de elétrons aí, é que também vocês podem ver o que está acontecendo nas reações químicas... Fundamentalmente, a reação química [desse tipo] vai ser trabalhada em função da transferência de elétrons... Então, a transformação química vai ser essa transferência de elétrons... Baseado nisso daí, a gente trabalha agora, só para concluir, essa reatividade dos metais... Então, baseados nessas equações e nessas reações que fizemos, já discutimos várias vezes essas reações, foi criado uma tabela onde a gente tem a reatividade dos metais. Não precisa decorar...., vocês vão aprender a trabalhar com

ela... Eu fiz aqui um resuminho prá vocês, quis passar a tabela para ser mais fácil de trabalhar com vocês, me desculpem que ficou ruim o material (cópias de mimeógrafo a álcool), meio claro, mas dá prá tocar. O mimeógrafo estava meio sujo, levei dez minutos prá limpar e não ficou bom... (enquanto distribui o material)... Vão dando uma olhada prá ver o que vocês têm de dúvida aí e vamos trabalhar a tabela de reatividade... (deixa um tempo para os alunos olharem as folhas distribuídas)... (depois passa a explicar como deverão ler e estudar o resumo feito e realizar os exercícios)... Vamos trabalhar, agora, com a reatividade dos metais. Em todas essas seis experiências que fizemos em laboratório, dos seis frasquinhos com os metais e as soluções, vocês observaram que em 4 deles havia reação e em dois não, ou seja, a troca entre o metal e o metal da solução. Entrando um metal na solução e saindo o outro... Exemplo do frasco 3: olhando a reatividade dos metais, observa-se que o metal mais reativo, o zinco, Zn, ele é mais reativo que o cobre, Cu, por isso, ele vai entrar na solução, vai ficar solução de sulfato de zinco e o cobre vai sair da solução. ***Então, quando a forma metálica é mais reativa que o metal que está na solução, vai ocorrer a reação.*** *O contrário não ocorre... No caso do frasquinho de número 5, tínhamos $ZnSO_4(aq)$ + $Cu(s)$, como vamos analisar? Essa reação não aconteceu porque o cobre, que está na forma metálica, é menos reativo que o zinco. Baseado nessas conclusões se organizou a ordem [de reatividade] que está em baixo, na primeira folha do resumo... É a ordem decrescente de reatividade dos metais. A ordem descrescente, o que quer dizer decrescente, gente?*

Aluno: do mais reativo para o menos...

Graça: Isso, do mais reativo para o menos reativo... Sempre vai ficar o seguinte: o mais reativo na forma metálica vai deslocar o metal menos reativo que está na solução. Outra coisa que é importante: a interação só vai acontecer quando houver o contato entre o metal e a solução. Na interação vai acontecer a transferência de elétrons e, assim, a reação ou a transformação química. Baseados nisso, nós vamos trabalhar a segunda folha onde eu coloquei 6 exercícios para vocês resolverem... Nós vamos começar a fazer hoje, vou dar [a primeira] orientação... O primeiro exercício é assim: para os seis frascos em que fizemos a experiência em laboratório, escreva a equação química [completa] e justifique, observando a escala de reatividade dos metais...

À primeira vista, parece que não haveria mais dificuldades. Os exercícios foram organizados de tal forma que permitiam que os alunos partissem da prática realizada (os seis sistemas) e exaustivamente discutida em aula. Assim, eles poderiam testar a tabela da reatividade dos metais comparando o seu pensamento sobre ela com os resultados anotados a partir das reações realizadas em aula. Para os outros exercícios os alunos poderiam prever a ocorrência da reação química, ou não, pela simples consulta da tabela de reatividade dos metais. Havia, no entanto, um novo

conjunto de dificuldades proposto pela professora: a questão da neutralidade de cargas que devia ser observada na escrita das fórmulas químicas para os compostos iônicos entre os metais e os respectivos ânions. Isto exigia novas mediações como podemos ver na seqüência pedagógica desenvolvida em aula. Antes dessa aula os alunos haviam feito a apresentação dos trabalhos de pesquisa sobre alguns aspectos relativos a metais, conforme já apontado, anteriormente. Houve, portanto, uma ruptura na seqüência normal e isto pode ter interferido na aprendizagem e na fixação dos conceitos necessários. A professora era sabedora disso e levou para a sala de aula os 6 frascos que eram, basicamente, os objetos aos quais se referiam os exercícios e as discussões que desejava fazer. Esse apontar para o objeto e falar quimicamente sobre ele, se constitui em recurso pedagógico de grande relevância para aprendizagem e a constituição dos conceitos químicos e é um dos pilares teóricos da proposta em desenvolvimento. O falar quimicamente ou na forma da química parece estar desenvolvido por parte dos alunos. Os conceitos, no entanto, estão apenas em seus estágios iniciais de desenvolvimento.

Graça: ... na última aula, antes de começarmos a apresentação dos seminários sobre os metais, dei uma lista de exercícios que vocês ficaram de resolver em casa. Vamos fazer [em conjunto] aqui em aula, e refletir... Esses exercícios são relativos à reatividade dos metais e os resultados que nós obtivemos lá no laboratório. Eu fiz um resuminho prá vocês onde a gente fala sobre a carga do cátion e a carga do ânion, [e a necessidade de] a gente observar a ***neutralidade da matéria****. A partir das reações que trabalhamos no laboratório vocês observaram como é que funciona essa escala de reatividade: o metal normal vai deslocar o metal que está na solução se o metal normal for mais reativo que o metal da solução. Vamos ver os exercícios... O primeiro exercício, quem foi que fez?... O primeiro exercício: para os 6 frascos do experimento de laboratório. confirme os dados, justificando e escrevendo as equações químicas corretamente... Frasco 1: Sulfato de cobre que era azul com ferro... Vamos fazer a equação química corretamente. O que aconteceu? Houve reação ou não houve? O que que aconteceu?*

Aluno: Saiu o cobre da solução e entrou o ferro...

Graça: Isso! Saiu o cobre da solução e entrou o ferro, dando o sulfato de ferro. Agora, vamos escrever essa equação 1 e vamos analisar pela reatividade prá ver se confirma o que podemos prever pela reatividade, ou se pode ocorrer a reação, ou não, de acordo com a reatividade dos metais. E assim nós vamos fazer para os 6 frascos, confirmar a reatividade... Reação 1: $CuSO_4(aq) + Fe(s) \Rightarrow$ *e vocês observaram que houve uma transformação química. O que que eu tenho agora? ... O cobre saiu da solução e quem entrou na solução?*

Aluno: o ferro...

Graça: O ferro. Que solução a gente tem agora?
Aluno: sulfato de ferro...
Graça: Sulfato de ferro $FeSO_4(aq)$ + Cu(s). Essa foi a reação do primeiro frasquinho.... Vamos pegar a tabela de reatividade química: segundo a reatividade, quem é que deve ser mais reativo?
Aluno: O ferro...
Graça: O mais reativo na forma metálica sempre desloca o menos reativo que está na solução. Olhando na tabela de reatividade dos metais, vamos achar o metal, a forma metálica... Quem é o metal nessa situação?
Aluno: o ferro...
Graça: Então achem o ferro na tabela de reatividade... Ele tem que ser mais reativo do quem para acontecer a reação?
Aluno: do que o cobre...
Graça: Onde está o cobre?... Então o ferro é mais reativo do que o cobre?
Alunos (vários): é...
Graça: Está confirmada, então, a tabela da reatividade dos metais? ... Quando metal é mais reativo... Vamos escrever: o ferro, na forma de metal, é mais reativo que o cobre que está em solução...

Quando a professora diz: *'vamos analisar pela reatividade pra ver se confirma quem é mais reativo que quem'* ou *'está confirmada, então, a reatividade dos metais'*, o que parece ser uma pequena imprecisão de linguagem pode esconder um problema de concepção de ciência. Nós queremos pensar a ciência diante de um real externo ao homem para o qual há um outro real construído, o real científico, segundo linguagem de Bachelard, ou uma construção teórica e que chamamos ciência. Não se trata, pois, de confirmar uma escala de reatividade de metais, como algo pré-existente ao conhecimento humano, e que temos de sempre confirmar nas práticas ou experiências de laboratório. Isso pode estar criando uma concepção distorcida de ciência junto aos alunos. Trata-se, sim, de ver se a construção teórica feita (pelo homem), no caso a tabela de reatividade dos metais, permite, ou não, analisar o fato sob observação. Verificar se essa construção é útil, ou não! Não se trata, pois, de confirmar a tabela de reatividade, como transparece na aula da Graça. A prevalecer essa visão de ciência estaríamos, sempre, através da experimentação escolar, pensando a ciência como uma construção externa ao homem, com leis pré-existentes à atividade científica e que coube ao homem científico descobrir. Essa é uma visão positivista de ciência, de verdade única e imutável. Desejamos superar essa visão! Para fazê-lo, temos de estar alertas a essas pequenas 'imprecisões' na linguagem que usamos nas aulas de ciências.

Graça: Agora, a segunda reação, quem vem fazer no quadro? ... Não sou só eu que vou trabalhar... Vocês entenderam o mecanismo deste primeiro exercício? ... Vamos trabalhando e quem tiver dúvidas levante a mão... Essa é a conclusão de um trabalho do laboratório... O segundo ***frasco está aqui, ó****... Lembrem, nós tínhamos uma solução azul de sulfato de cobre e colocamos, lá dentro, alguns 'canudinhos' de alumínio. A solução que era azul ficou incolor, nós fizemos a filtragem... O alúmínio, o que aconteceu com ele?...* ***Olhem isso aqui, ó****... todo desgastado, né! E* ***esse avermelhado*** *que ficou depositado aqui embaixo... O que depositou aqui embaixo? ... O vermelhindo, não o líquido... O que é o vermelhindo?*

Aluno: um resíduo...

Graça: resíduo de que?

Aluno: de alumínio...

Graça: não é o alumínio que saiu daqui e foi para a solução?... [É este o resíduo?]

Aluno (vários): é o cobre...

Graça: O cobre... (um aluno vai para o quadro e escreve):

$$CuSO_4(aq) + Al(s) \Rightarrow \underline{AlSO_4}(aq) + Cu(s)$$

Graça: e a neutralidade de carga?... O cobre, vocês já viram, é +2 e o SO_4 é -2. E o alumínio Al é +3.

Aluno: +3?

Graça: É! Ele perde três cargas negativas, vocês lembrem que fizemos aquela comparação... Agora aqui, como é que vamos resolver essa situação? O Al perde três cargas negativas e o SO_4 ganha duas cargas cargas negativas... Está neutro esse composto ($AlSO_4$)? ... Eu posso ter um Al^{3+} para um SO_4^{2-}?

Aluno: não...

Nota-se uma grande relutância em a Graça usar o objeto teórico *elétron* como a espécie negativa da matéria. Com isso introduz outras imprecisões de linguagem falando que os ânions (SO_4^{2-}, NO_3^-) adquirem cargas negativas. Isso impede que se constitua a idéia de que a espécie metálica transfira elétrons para o cátion metal em solução. Em outras ocasiões Graça fala que o sulfato e o nitrato não se alteram nessas reações, mas parece que ela se referia apenas ao agrupamento atômico, sem as cargas elétricas. Esses agrupamentos não existem sem as cargas negativas ou sem os elétrons a mais. Faltou ligar isso com a condutividade elétrica: se o Cu^{2+} é 2+, SO_4^{2-} deve ser 2- Ela não consegue deixar claro que são os cátions que saem da solução que recebem os elétrons dos átomos do outro metal que entram na solução ou que os átomos do metal que entram na solução se 'oxidam' ao perderem elétrons, enquanto os cátions do metal em solução, ao receberem os elétrons se reduzem, saindo da solução.

Cabia, ainda, introduzir a questão da conservação dos elétrons em uma transformação química, mantendo a neutralidade da solução. Isto seria, talvez, mais

importante do que falar da neutralidade de uma fórmula química. A preocupação maior foi o acerto da fórmula química, faltando a ênfase na transferência dos elétrons de uma espécie metálica para outra. Essa ênfase permitiria, de fato, discutir esse tipo de reações químicas no nível microscópico. O acerto das fórmulas químicas não dá conta dessa questão o que pode ter retardado o entendimento da situação pelos alunos.

Graça: A quantidade está 1 para 1... É possível conseguir a neutralidade dessa maneira? O que que eu vou ter que fazer para acertá-la? ... O Al é +3 porque perdeu três cargas... E o SO_4 é -2 porque ganhou duas cargas negativas... Lembrem que na aula passada fizemos: o Cu é +2 e passa para zero... Há duas possibilidades: ou ele perde duas cargas positivas ou ganha duas cargas negativas... Vamos ver o raciocínio aqui: o Al é 3+, quantas cargas negativas ele perdeu?

Aluno: três...

Graça: E o SO_4^{2-} ganhou quantas cargas negativas?

Aluno: duas...

Graça: nessa proporção, eu vou manter a neutralidade desse composto?... sim ou não? ... O que que quer dizer manter a neutralidade?

Aluno: ... uma solução só...

Graça: O que que quer dizer manter a neutralidade das cargas?... Vocês leram já o resuminho que está aí?... Não leram o resuminho? ... O composto era com cobre que perde duas cargas negativas... Agora temos o Alumínio que perde três cargas negativas... O que significa termos a neutralidade das cargas?... Na aula passada fizemos isso daqui, ó...

Aluno:... o número de cargas negativas igual ao número de cargas positivas...

Graça: Isso! O total de cargas positivas é igual ao de cargas negativas. Então, como é que vou poder acertar isso daqui: $AlSO_4$? Quantos Al vou precisar para dar a neutralidade com esse grupo SO_4^{2-} para dar a neutralidade? ...

Aluno: 2 Al^{3+} e 2 SO_4^{2-}...

Graça: Isso! Se eu tiver dois Al^{3+} e 3 SO_4^{2-} , terei $Al_2(SO_4)_3$! O que significa, então, manter a neutralidade das cargas? ... O número total de cargas positivas deverá ser igual ao número total de cargas negativas... Eu tenho: 2x(+3) = 6+ e 3x(-2) = 6-. Vou precisar de dois átomos de alumínio para 3 agrupamentos de SO_4^{2-}. Daí essa reação se concretizou e vamos acertar:

$$2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \Rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3Cu(s).$$

Agora vamos ver a reatividade dos metais... Quem está na forma de metal, aqui?

Aluno: o alumínio...

Graça: o alumínio.... Então, para que ocorra reação é necessário que o alumínio, que é a forma metálica, seja mais reativo que o cobre que está em solução, ou na forma de composto. Então, olhando a tabela de reatividade: onde está o Al e onde está o Cu?

Aluno: o Al na primeira linha... e o cobre na segunda linha...

Graça: A gente observou aí que o Al é mais reativo que o Cu?... E que aconteceu a reação. Terceiro [exercício]... Quem vem fazer? ... O terceiro frasco... Vamos lá, vamos fazer na lousa... Havia uma solução azul de sulfato de cobre, colocamos zinco metal Zn(s)...Eu ajudo... (há resistência de os alunos irem fazer na lousa...)

Aluno: $CuSO_4(aq) + Zn(s)$

Graça: Aconteceu a reação?... Se aconteceu a reação, houve o que? ... A troca entre quem?

Aluno: entre o zinco e o cobre...

Graça: Isso! O que aconteceu com o zinco e com o cobre?

Aluno: o zinco entrou na solução e o cobre saiu da solução...

$$CuSO_4(aq) + Zn(s) \Rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

Graça: agora é hora de vermos a tabela de reatividade... Essa reação aconteceu ou não aconteceu?

Aluno: Aconteceu...

Graça: Então você vai ter de ver quem é mais reativo que quem para a reação acontecer...

Aluno: o zinco metal...

Graça: Isso, o zinco metal é mais reativo que o cobre na forma de composto ou na solução... ***Bateu?... Comprovou?***

Aluno: sim..

Graça: O quarto frasco... Vamos Lucas... A solução é sulfato de cobre azul e colocamos o metal cobre...

Nós fizemos essa experiência dia 17/08, e duas semanas depois, o que que aconteceu? ...

Aluno:... aparece uma cor meio amarelada aí...

Graça: é ... deu uma amarelada... Algo aconteceu aí... Que será que está acontecendo? ... ***Olhem aqui, ó****... Que será que está acontecendo aí?...*

Aluno: está dissolvendo cobre...

Graça: Está dissolvendo cobre... E daí? ... Essa cor amarelada aí vocês já viram em outra experiência no laboratório...

Aluno: A senhora colocou ferro aí dentro na forma de metal? ...

Graça: Ah, se eu coloquei ferro?... Não coloquei nada...

Aluno: não?!...

Graça: O que poderá ter acontecido aí... O que será?...

Aluno: o cobre [colocado aí dentro] tem ferro?...

Graça:... olhem aqui, pessoal. O Artur matou a charada... Então, é provável que esse cobre não estivesse totalmente puro... O cobre metal deve ter uma pequena parcela em ferro. ..

Este foi, sem dúvida, um grande momento da aula. O conceito de substância pura é de grande abstração. Artur, mediado pelas observações da professora e dos

colegas, e, também, pelas construções anteriores, atingiu esse nível de abstração ao questionar a pureza do cobre ou ao postular a presença do ferro na placa de cobre usado no experimento. Um corpo puro, diz Bachelard (1983), não passa de uma entidade ao qual o ideal químico se aproxima. Isto mostra que, atuando em aula sobre situações de alta vivência dos alunos, falando sobre elas na forma da química (linguagem, metodologia) é possível organizar o pensamento químico sobre as coisas, junto aos alunos do ensino médio, e desta forma reconstituir o conhecimento químico em sala de aula sem recorrer às formas tradicionais e viciadas de química em que se enfatiza, tão somente, a memorização de conceitos que, assim, não pertencem aos indivíduos.

Este episódio de aula foi possível porque Graça não procurou esconder a 'pequena distorção' que o resultado do experimento proporcionou. Teve confiança no desenvolvimento de seus alunos, animada pelo grupo de pesquisa e estudos, ressaltando o resultado inesperado no sistema 4. Não houve, aqui, uma 'descoberta' dos alunos ou uma 'redescoberta', mas o uso das construções teóricas realizadas para interpretar um resultado e, ainda, alcançar um conceito de grande abstração em química. Graça soube analisar, com tranqüilidade, esse salto qualitativo no pensamento de seus alunos e seguiu como se nada de tão extraordinário tivesse acontecido. Pode ser, inclusive, que não fora a presença de ferro na plaquinha de cobre que causara o resultado inesperado. Para tirar essa dúvida teria de ser investigada a presença do ferro na solução. Para isso precisaria de novos instrumentos teóricos que não caberia desenvolver nessa fase da aprendizagem química dos alunos. O extraordinário está no reto pensar dos alunos sobre uma situação sob o ponto de vista da química.

> *Graça: Vamos lá, então... Por que não ocorre essa reação?... Porque o cobre metal, ele não vai deslocar o cobre que está em solução... Ele tem a mesma reatividade... Vamos ver, agora o quinto frasco... Alceu, vamos [na lousa]... Por que não?... Eu vou te ajudar... (acabou não indo...) Olhem: no quinto frasquinho nós colocamos solução de sulfato de zinco e cobre metal... Cu(s) + $ZnSO_4$(aq)... O que aconteceu?*
>
> *Aluno: Não houve reação...*
>
> *Graça: Vocês observaram que não houve reação... Não mudou a solução e o cobre ficou, também, inteiro... Vamos ver o que esperávamos [pela tabela de reatividade dos metais]... Esse é o $ZnSO_4$ (aq)... Escrevo a equação e vamos ver porque não aconteceu a reação... Cu(s) + $ZnSO_4$(aq) e não produziu nada, não ocorreu reação... Observando, agora, a tabela de reatividade: quem é o metal mais reativo?*

Aluno: o zinco é o metal mais reativo...

Graça: o zinco é o metal mais reativo que o cobre... Vamos analisar... o cobre metal, onde está?... Aqui nós temos que o cobre está bem lá embaixo... E o zinco?

Aluno: está bem mais acima...

Graça: Então, o cobre metal é menos reativo que o zinco que está na solução... Por isso que a reação não acontece, espontaneamente... Dúvida aí?... Vamos escrever a justificativa: o cobre metal é menos reativo do que o zinco que está na solução... Por isso ele não consegue deslocar o zinco daqui (aponta o composto). Agora, a sexta reação... Quem vem fazer? Maria, vem me ajudar... Mas eu faço contigo aqui...

Vocês colocaram a solução de nitrato de prata que é incolor... e colocaram o metal cobre aqui dentro. O que aconteceu? Aconteceu a reação?

Aluno (vários): sim...

Graça: Essa reação foi evidenciada através do que? ... A solução $AgNO_3(aq)$ que era incolor passou a ser azul... Isso daí vai representar a presença do que na solução, agora?

Aluno: de cobre...

Graça: E isso que ficou depositado?

Aluno: prata...

Graça: A prata... Vamos lá...

Aluno: $AgNO_3(aq) + Cu(s)$...

Graça: Aconteceu a reação?

Aluno: aconteceu...

Graça: vai formar o que?

Aluno: $CuNO_3(aq) + Ag(s)$

Graça: Vamos ver em termos de reatividade... Quem é o metal aqui?

Aluno: o cobre...

Graça: Então, para que a reação ocorra o metal tem que ser mais reativo que o metal que está na solução... O metal sólido, Cu, está aqui na tabela... e a prata Ag, está aqui... O cobre que está na forma de metal, é mais reativo que o metal prata que está na solução...

Aluno: $AgNO_3(aq) + Cu(s) \Rightarrow CuNO_3(aq) + Ag(s)$ e a reação acontece porque o cobre metal é mais reativo que o metal prata que está na solução.

Graça: Vamos aproveitar essa equação aqui e analisar a transformação química aqui... Esse líquido azul aqui (mostra o frasco com a solução resultante), é a solução de sulfato de cobre ou de nitrato de cobre?

Aluno: (alguns acham que é nitrato e outros que é sulfato)

Graça: Quem acha que é nitrato?... E quem acha que é sulfato? ... E quem não acha nada?... Vejam bem, quando a gente vai trabalhar com as transformações químicas, vocês tem que ver os reagentes... O que eu tenho nos reagentes? Eu tenho o grupo sulfato nos reagentes? ... O sulfato é o grupo SO_4^{2-}...

Aluno: não tem...

Graça: ... então, esse líquido aqui, essa solução, pode ser de sulfato de cobre?

Aluno (vários): não!

Graça: Não! Só pode ser quem, então?

Aluno (vários): nitrato de cobre...

Graça: Olhem bem... Se eu tenho nitrato nos reagentes eu tenho que ter nitrato nos produtos... Então, lembrem-se da conservação dos elementos que já estudamos... Quem é responsável pela cor azul aqui? ...Que metal?

Aluno: o cobre...

Graça: O cobre. então, o nitrato de cobre ou o sulfato de cobre vão ser azuis porque o metal responsável pela cor azul é o cobre... Mais uma coisa aproveitando essa equação... Vocês sabem que a tendência do cobre é perder duas cargas negativas e ficar com duas cargas positivas... Por enquanto, eu vou adiantar para vocês, o cobre está aqui com que grupo, formando o composto?

Aluno: NO_3...

Graça: NO_3.. Que carga? Positiva ou negativa?

Aluno: Negativa...

Graça: Negativa porque tem que manter a neutralidade da matéria. E eu falo prá vocês, e vocês ainda não tem condições de saber, que o NO_3^- uma carga negativa ou significa que a tendência dele é receber uma carga negativa. Então, o que acontece aqui ($CuNO_3$), a neutralidade está sendo mantida?

Aluno (vários): não!

Graça: Qual é, então, a sugestão prá que essa neutralidade se mantenha?... Eu não posso mexer ... quantos ele perde de cargas negativas e nem quantas ele perde... Nas cargas eu não posso mexer... então, posso mexer aonde?

Aluno: na quantidade de Cu ou NO_3^-..

Graça: Eu vou ter de mexer na quantidade de átomos de cobre e na quantidade de grupos NO_3^-... Qual é a sugestão aqui?

Aluno: colocar o grupo NO_3^- entre parênteses e colocar um número...

Graça: Isso! Com quantos?

Aluno: Dois...

Graça: Isso! ... Então, se o cobre Cu perdeu duas cargas negativas ele (o NO_3^-) vai ganhar as duas cargas negativas... Vai ficar assim: 2 x -1, o total de negativas será 2-. Com o +2 do Cu^{2+}, a neutralidade vai se manter. Ou para 1 Cu^{2+} eu tenho $2NO_3^-$, ou $Cu(NO_3)_2$. ... Dá para enxergar melhor? ... Se o Cu perde dois elétrons, alguém vai ter de ganhar 2 elétrons... Mas cada NO_3^- só ganha 1 elétron, então vou ter de ter dois grupos de NO_3^- para manter a neutralidade...

A segunda questão (lista de exercício), entre o Ni(s) e a solução de cloreto de cobalto $CoCl_2$,(aq) você pode escrever a reação com previsão feita na Tabela de reatividade?

Vamos escrever quem é o metal e quem é a solução... O níquel metálico Ni(s)... e a solução de cloreto de cobalto $CoCl_2$(aq)...

Ni(s) + $CoCl_2$(aq) Essa reação pode acontecer ou não, olhando a tabela de reatividade?

Há uma preocupação, quase obsessiva, com o acerto das fórmulas químicas e isto desviou o foco da atenção do que estava acontecendo em nível microscópico: a interação entre o cátion metálico em solução e o metal normal, ou seja, a transferência de elétrons entre as espécies metálicas. Pela explicação de Graça parece que os grupos aniônicos é que recebem os elétrons dos metais que entram na solução!

Os exercícios passaram a ser realizados sem a presença do objeto de referência. As fórmulas representavam a situação. O acerto nesses exercícios mostrou que os alunos haviam aprendido a matéria no nível desenvolvido pela professora. O pensamento químico passou a ser possível com o uso da simbologia química e com a consulta da tabela de reatividade. Esta passou a ser um instrumento útil para a análise de situações químicas que envolviam metais e os respectivos cátions.

Aluno: não... (referindo-se ao exercício proposto)

Graça: Não pode por que?

Aluno: porque o Co é mais reativo...

Graça: Na tabela de reatividade o Co(s) é mais reativo do que o Ni(s)... Então, o Co em solução é mais reativo que o Ni na forma de metal, portanto, essa reação não ocorre. Terceira questão: Entre o cloreto de ouro $AuCl_3(aq)$ e a prata metal Ag(s), pode ocorrer reação?

Escrevam: Prata metal e Cloreto de ouro $AuCl_3$... Pode haver reação? Quem tem que ser mais reativo aí?

Aluno: A prata, que está no forma de metal...

Graça: A prata tem que ser mais reativa do que ouro...

Aluno: e ela é...

Graça: Vai acontecer ou não essa reação?

Aluno: vai...

Graça: Vai... essa reação ocorre porque a prata é mais reativa que o ouro em solução..

Graça: Quarta questão: para as soluções de metais... você saberia achar as cargas dos metais nos seus respectivos compostos? ... Quais foram as soluções que usamos:

Aluno: $CuSO_4(aq)$; $ZnSO_4(aq)$; $AgNO_3(aq)$...

Graça: Que mais?... Quais outras soluções que formou?

Aluno: sulfato de alumínio; sulfato de ferro; nitrato de cobre.

Car: Então, como é que vocês vão colocar... Vocês vão ter de cuidar a neutralidade... Eu já discuti, em cada caso... Vou informar prá vocês que o grupo NO_3^- tem carga -1, e o SO_4^{-2}, tem carga -2. A partir disso, quero que vocês achem a carga dos cátions... Vou colocar na fórmula correta... $Al_2(SO_4)_2$; $Cu(NO_3)_2$; $FeSO_4$; $Au(NO_3)_3$... (deixa passar um bom tempo)... (estimula cada aluno a fazer, a tentar fazer...)... Eu já expliquei isso daí... Nós já fomos fazendo do alumínio... Temos de manter a neutralidade... O NO_3^-. tem carga negativa, ganhou 1 elétron... E toda solução, você

sabe, tem lá dissolvido o cátion e o ânion... O total de cargas positivas = total de cargas negativas.... Como é que vocês vão fazer? Aqui estão as fórmulas dos compostos. Eu sei que o SO_4^{2-} é 2-... O agrupamento SO_4^{2-} tem duas cargas negativas. Quantos átomos de Cu tenho nessa fórmula $CuSO_4$?

Aluno: um só...

Graça: um só. A fórmula está pronta... Agora você deve descobrir a carga do cátion... Quanto vai valer a carga do Cu?

Aluno: 2+

Graça: Isso... O NO_3^-, não estou dando prá vocês que a carga do NO_3^- é -1?... Esse composto $AgNO_3$, o nitrato de prata, ele vai ser... Quanto vai ser a carga do Ag para que seja mantida a neutralidade?...

Aluno (vários): +1...

Graça: E assim se faz com todos os outros compostos... Já dei a carga dos ânions... Vamos começar outro exercício que esses vocês fazem em casa, já deveriam ter feito. A fórmula do sulfato de prata é Ag_2SO_4. O índice 2, ao lado da prata Ag, indica que a prata está presente duas vezes. Sua carga deve ser: ... Qual deve ser a carga do Ag? ...(Põem no quadro...) Olhem aqui.... o SO_4^{2-} vocês já sabem, tem carga -2. O total de positivos tem que ser quanto?

Aluno (vários): 2.

Graça: ... Se eu já tenho que a prata aparece duas vezes, qual tem que ser a carga de cada Ag?

Aluno (vários): 1

Graça: Isso, 1+. Confirmando isso com aqui (mostra em $AgNO_3$), a carga da prata sempre vai ser +1. Independente do grupo que o acompanha. O que vai mudar? ... Vai mudar o agrupamento que está ligado à prata, formando o composto de metal prata... O agrupamento pode ser -1, -2, -3...

Tenho poucas dúvidas em afirmar que a mediação pedagógica através da interação professora/alunos aconteceu de forma muito positiva. Os alunos se interessaram pela matéria, conseguiam transitar entre o mundo da vivência deles e o sistema de conceitos em negociação pela professora, o que permitiu caminhar na direção da abstração e em direção à compreensão do mundo real. Nesse sentido o papel da professora foi fundamental: houve um desenvolvimento intelectual dos alunos, pois eles passaram a falar, na forma da química, sobre as suas situações de vivência, analisando-as dentro de um esquema de conceitos químicos. Acredito, no entanto, que haveria clima propício para avançar mais no esquema teórico de explicação no que se refere ao nível microscópico da interação entre o metal e os íons em solução. Esse avanço poderia acontecer com a execução de mais duas atividades: a pilha de Zn/Cu e a eletrólise de algumas substâncias em meio aquoso. Essas atividades estavam planejadas, porém não foram executadas por Graça em suas aulas.

Elas visavam, exatamente, a testar e a aprofundar o conceito de transferência de elétrons entre espécies químicas como explicação do tipo de interação que se dá no nível microscópico da matéria que se transforma quimicamente.

A existência de partículas subatômicas na matéria, como os elétrons (partículas negativas) e, conseqüentemente, partículas positivas (os prótons), deveria ser testada como modelo de explicação da transformação metal/íon, da produção de corrente elétrica por reação química (pilha) e das reações de eletrólise em meio aquoso com substâncias diferentes (HCl(aq); NaCl(aq); NaOH(aq)). A partir disso seria proposto um novo modelo atômico, com núcleo de massa e eletrosfera e, logo depois, modelos de ligações químicas entre átomos pela interação entre as eletrosferas.

Graça preferiu, no entanto, partir da idéia da neutralidade da matéria, muito ressaltada em aula, como base para a formulação de compostos em que os metais participam como cátions. Para a formação dos cátions metálicos, o modelo teórico evocado foi o da perda de elétrons, a carga negativa da matéria. Partindo disso foi possível introduzir a idéia de uma partícula positiva, *o próton*, de carga igual ao elétron, de tal forma que o par *próton/elétron* se anularia em termos de carga elétrica global nas estruturas químicas. As duas partículas seriam *subatômicas* superando a idéia de átomo indivisível proposto por Dalton. Mas continuariam a ser partículas de massa, embora com carga elétrica, positiva para o próton e negativa para o elétron. Para 'acomodar' essas partículas subatômicas, são abordados diversos modelos atômicos que aparecem no programa das professoras como Unidade 3 - **Estudo sistemático de modelos atômicos.** Não há, nessa proposta das professoras, uma grande preocupação com a discussão do contexto histórico em que se deu essa 'sucessão' de modelos atômicos, não só porque a história da ciência, geralmente, não faz parte da formação dos professores de química mas, também, porque o objetivo parece ter sido o de preservar um item dos programas tradicionais mais do que achar modelos de explicação para os fenômenos produzidos e/ou problematizados em aula.

Haveria, nesse ponto do programa, dois caminhos a seguir: a evolução histórica do átomo, contextualizando os fatos que exigiram os novos modelos atômicos, ou a introdução de um 'modelo pedagógico' de átomo que contemplasse as crenças atuais que temos sobre a micro-estrutura da matéria e que fosse coerente com os fatos que estavam sendo problematizados. Esse modelo atômico não pode ser nem o chamado 'átomo orbital', pelas dificuldades de compreensão do modelo nesses contatos iniciais com os fenômenos físicos associados ao comportamento da matéria e

nem um ou outro modelo histórico exaustivamente estudado e adotado. Penso ser possível desenvolver um 'modelo pedagógico' que concebe o átomo nucleado, com núcleo de massa constituído pelos prótons e nêutrons, e uma eletrosfera constituída por elétrons com diferentes níveis de energia, ou seja, mais disponíveis ou menos disponíveis para as interações entre os átomos que constituem as substâncias químicas.

Sem entrar em detalhes sobre um tal tipo de modelo atômico, que podemos chamar, provisoriamente, de 'modelo pedagógico' de átomo, ele permitiria imprimir uma certa lógica para a condutividade elétrica dos metais, bem como à idéia da transferência de elétrons mais disponíveis (os elétrons mais periféricos dos átomos) nas transformações de metal/cátion, produção de ânions e cátions na interação de certos elementos químicos e interação entre elementos químicos sem a 'transferência' de elétrons entre eles, como é o caso das ligações por pares de elétrons. Isto permitiria, enfim, a introdução de um primeiro modelo de ligações químicas, na interação dos átomos em nível de eletrosferas, para a formação de estruturas mínimas que constituem as substâncias químicas com as quais o aluno teve contato até aqui. Com isso não estou abdicando da história da química, ao contrário, defendo que o aluno do nível médio constitua uma base de conhecimentos químicos para que possa compreender os contextos históricos em que a produção desses conhecimentos teve momentos cruciais, exigindo a superação de um modelo e a criação de um novo modelo de explicação para as circunstâncias em que isso era necessário. Mais ainda, o aluno, em interação com o professor, poderia criar um modelo coerente com o contexto da aula. Da forma como se ensina normalmente essa seqüência histórica de modelos atômicos, em uma ou duas aulas, o aluno forma uma idéia 'caricaturada' da evolução dos modelos atômicos e, pior, uma idéia distorcida da história da ciência. Os autores históricos desses modelos, ou cujos nomes estão associados a eles (Dalton, Thomson, Rutherford, Sommerfeld, Bohr, etc.) passam por 'pouco inteligentes' junto aos alunos por não terem compreendido o átomo como o entendemos hoje! Por outro lado, o desenvolvimento exaustivo do contexto histórico em que se deram as pesquisas científicas que levaram ao desenvolvimento dos modelos atômicos, tendo o professor as condições de fazê-lo, não garante o salto qualitativo na compreensão dos modelos atômicos e nem na forma de produção da Ciência (Romanelli, 1996). Achamos fundamental que a condução da aula permita a constituição de um modelo atômico junto aos alunos que contemple, ao mesmo tempo, algumas circunstâncias históricas e as circunstâncias da sala de aula.

Embora o programa proposto pelas professoras inclua a unidade: **'estudo sistemático de modelos atômicos'**, isto não foi preocupação de Graça. Ela fez, apenas, uma ligeira referência às diferentes idéias de átomos concebidos por Dalton, Thomson e Rutherford, tendo o cuidado de sempre relacionar a evolução à idéia de cargas elétricas na matéria, modelo constituído em aula para explicar a condução elétrica dos metais e de soluções aquosas e para dar sentido às interações dos metais com cátions de outros metais em solução aquosa.

Graça: Então, vocês viram que a gente tinha um conhecimento, antes de trabalhar com os metais, tinha um conhecimento de que..., os gregos da antigüidade achavam que toda a matéria era constituída de algum tipo de partícula à qual deram o nome de?...

Aluno (vários): átomos!

Graça: De algum tipo de partícula à qual deram o nome de ***átomo****, onde* ***a*** *quer dizer não e* ***tomo*** *quer dizer divisível, átomo = indivisível. Os gregos não provaram experimentalmente sobre os constituintes da matéria... Aí, quem foi que apareceu no século XIX, que foi [o século] de grande avanço da Ciência, principalmente da Química, quem foi que apareceu e, nós já comentamos isso, e explicava uma série de coisas que vocês, até então, conheciam?*

Aluno: Dalton...

Graça: Isso! Então, a gente tem o ***modelo atômico de Dalton****, que dizia o que?... que o átomo era o que, gente?... O que o Dalton dizia? ... Eu sei que vocês sabem...*

Aluno: átomo é a partícula fundamental da matéria, indivisível...

Graça: O que mais ele dizia?... Ele dizia, também, que cada elemento era formado de um mesmo tipo de átomos... Então, baseados no modelo atômico de Dalton, nós conseguimos explicar uma série de coisas e trabalhamos com isso, desde o começo do ano, até que a gente apresentou pra vocês os metais onde foi detectado que existia o que, nos metais?...

Aluno(vários): Partículas elétricas...

Graça: Então, agora que vocês já conhecem o aparecimento dos elétrons, o modelo de Dalton, ele é válido até hoje ou a gente já trabalha com o modelo novo?... Ele é válido pra explicar muita coisa... A gente já trabalhou sobre os elementos químicos, cada símbolo representa um tipo de elemento químico... Porém, agora, que a gente já tem o conhecimento de elétrons, a gente vai chegar à conclusão de que a teoria de Dalton explica várias coisas e não explica outras. Por isso é que surgiu todo esse estudo em cima do que é o átomo realmente. É partícula divisível ou não?... Baseado nisso, e eu já falei pra vocês no começo do ano, [é que aparecem] os modelos. Como é que são construídos esses modelos?... Não quero que me digam qual o modelo que inclui os elétrons, mas como se constitui um modelo e por que aparecem os modelos em Química...

Aluno: A partir de hipóteses...

Graça: A partir de hipóteses e, também, a partir de que?
Aluno: Observação...
Graça: Observação do que?... Como é que se cria um modelo, investigando o que?... Aqui no caso, estamos falando sobre o modelo dos átomos... Investigando o que?
Aluno: As matérias...
Graça: E o que você vai ver nas matérias?...
Aluno: A composição...
Graça: A composição... Mas você não sabe, ainda, sobre a composição. Você está investigando a composição da matéria e o que você vai ver?... Até agora vocês têm os átomos, mas na teoria já apareceu... que o átomo não é mais [uma partícula] indivisível... Ele é constituído de outras partículas, ele não é indivisível... Mas, observando o quê se chega a essa conclusão?
Aluno: Observando a matéria...
Graça: Vai..., você está no caminho! É observando a matéria... e daí?... Observando o que na matéria?... As transformações e o comportamento da matéria... Por exemplo, vocês chegaram lá no laboratório, vocês esperavam, quando a gente colocou sulfato de cobre [sólido em solução aquosa], a condução de eletricidade?...

Percebe-se em Graça uma crença, ainda muito forte, na experimentação e observação como fontes de constituição de verdades científicas ou, ao menos, de formação de uma idéia científica. Isto até pode ser visto, aqui, como uma tentativa de superação da idéia filosófica de atomismo, também um obstáculo na aprendizagem de um modelo científico de átomo, embora não-consciente por parte da professora, pois ela fala que "*Dalton concordava com os gregos*". No experimento realizado, os alunos poderiam saber, a partir de sua vivência anterior, que o circuito elétrico fechado pode conduzir corrente elétrica e que, quando aberto, isso seria impossível! Mas a idéia da '*movimentação de cargas elétricas*' entre os terminais que interrompem o circuito no equipamento usado é uma idéia proposta pela professora e que serve para criar a idéia científica da existência de cargas elétricas na matéria. Essa mediação da professora era necessária e vai muito além da formação de uma idéia a partir da observação direta, não mediada, dos alunos. A partir dela os alunos já foram capazes de explicar novas situações, como podemos ver na seqüência:

Graça: Esses fenômenos elétricos na matéria, e outros, é que nos dão a idéia da existência de partículas elétricas na matéria e, portanto, nos átomos... Esse modelo que vocês já conhecem, já viram na oitava série, é um átomo constituído de um núcleo e uma eletrosfera... Vamos falar sobre o elétron... O elétron, ele tem grande mobilidade nos metais; nós vimos com os testes com os metais, testamos o

alumínio, o zinco, o ferro... Eles [os elétrons] têm grande movimentação, estão semilivres... Onde ficariam os elétrons aí no átomo?
Aluno: na eletrosfera...
Graça: Ficariam localizados na eletrosfera... Por que?
Aluno: Eles estão soltos...
Graça: Onde ficariam os elétrons?
Aluno: Do lado de fora do átomo...
Graça: Por que no lado de fora?...
Aluno: Porque os elétrons estão semilivres...
Graça:... nos metais... Mas os elétrons, agora, de todos os átomos, não só os metais mas de todos os átomos, agora vocês vão ter o conceito de que eles vão ter elétrons, cada átomo, carbono, nitrogênio..., todos têm elétrons... Por que vocês sugeriram de que os elétrons se posicionassem na eletrosfera, aqui na parte externa do átomo?... Por que vocês vão colocar o elétron na eletrosfera e não no núcleo?... E no núcleo vocês têm o que? Se os elétrons estão na eletrosfera no núcleo vocês têm o que?...
Aluno: Prótons e nêutrons...

Embora Graça caminhe de uma forma muito interessante para a constituição de um modelo próprio de átomo, que não é o modelo Thomson, Rutherford, ou Bohr, porque trilhando o contexto criado em aula e não o contexto histórico em que se deu a criação dos modelos atômicos com partículas subatômicas - os elétrons, prótons e nêutrons - ela incorre em um vício de linguagem didático/pedagógica que, na minha opinião, é grave: o modelo de átomo parece ser uma **coisa ou uma estrutura** na qual se localizam prótons e nêutrons (no núcleo) e elétrons (na eletrosfera). Essa linguagem denota a idéia da existência de um 'lugar' na matéria, o átomo, onde entram partículas menores do que ele. Sabemos que essas partículas vão constituir os átomos ao se organizarem de uma certa maneira, ou seja, o átomo só passa a existir na medida em que as partículas subatômicas estiverem organizadas de uma certa maneira constituindo os átomos.

Na linguagem pedagógica usual no ensino de química, principalmente no ensino médio e fundamental, parece haver um átomo que tem núcleo e eletrosfera nos quais entram prótons, nêutrons e elétrons. Mais do que uma imprecisão de linguagem isso pode levar a uma concepção de átomo, no mínimo problemática: *átomo como uma estrutura própria no qual se localizam partículas de uma certa forma e em certo número*. Aliás, há livros didáticos que usam a analogia de um prédio com andares, apartamentos e peças menores para 'explicar' o conjunto dos números quânticos. Os números quânticos dariam o endereço de um elétron na eletrosfera que seria o prédio.

Essas idéias poderão se constituir em razoável obstáculo à compreensão da estrutura atômica da matéria na formação química dos alunos.

Essa imprecisão na linguagem, no entanto, não impede a constituição de um modelo atômico próprio a partir de um contexto criado em aula. E isso deve ser realçado no caso da aula da Graça:

Graça: Os modelos atômicos que a gente já tinha estudado explicavam uma série de comportamentos da matéria com as quais a gente trabalhou. Os gregos diziam que os átomos eram partículas indivisíveis da matéria... Dalton concordava e com isso explicava a ***proporção*** *[em massa dos elementos nos compostos],* ***conservação*** *dos elementos químicos nas reações químicas... Até aí isso tudo era válido! Esse conceito do modelo de átomo era válido: uma partícula indivisível da matéria e que, por isso, se chamava átomo... O modelo de Dalton não permitia que se explicasse a transferência de elétrons. Como é que nós chegamos à transferência de elétrons?... Trabalhando com os metais! Vocês viram... por que acontecem as reações químicas? O que acontece, lá no íntimo das partículas para que a reação química aconteça?...*

Aluno: Cargas elétricas...

Graça: Que carga elétrica?

Aluno: Negativa...

Graça: Cargas elétricas negativas... Então, o que acontecia nas reações químicas [com metais], lá no íntimo das partículas?... Existia o que?... O que vocês observaram lá no laboratório quando a gente trabalhou com a solução de sulfato de cobre e colocava lá dentro um metal?...

Aluno: Uma troca de metais...

Graça: Uma troca de metais... Mas o que acontecia? Quem favorecia essa troca de metais?

Aluno: Os íons em movimento...

Graça: Os íons em movimento... E o que mais?

Aluno (vários): Os elétrons...

Graça: Quem é, então, o principal responsável por essa troca de metais? Quem comandava a troca de metais... e nós vimos que isso daí gerou a tabela de reatividade de metais... Mas quem comandava isso?

Aluno (vários): Os elétrons...

Graça: Os elétrons! Então, com o modelo de Dalton não existia essa explicação! Por isso, de acordo com o comportamento das novas substâncias, ou dos novos estudos dos materiais, permitiu-se chegar à conclusão que existiam partículas menores ainda que o átomo. Ou seja, que o átomo não era uma partícula indivisível da matéria... Se ele era composto por partícula menor ainda é que ele era divisível sim! Então, nós estudamos que a partícula fundamental agora, da gente, importante, são os elétrons. E onde é que vimos elétrons?...

Só retomando algumas coisas das aulas anteriores: quando eu tenho cobre metal, que represento por Cu^0 (cobre zero). O que significa esse zero mesmo?... A neutralidade da matéria! Cu^0 é o cobre metal, sólido ou Cu(s). O que acontece com o Cu^0? O que tem no Cu^0, que vocês viram de importante em termos de condução de eletricidade?... Quem é responsável por isso no Cu(s)?
Aluno (vários): Elétrons...

Vemos que Graça, ao se preocupar com o contexto produzido em aula, chamando-o para bem próximo, está confundindo o átomo de cobre, Cu^0, com cobre metálico, um pedaço de cobre como a plaquinha ou o fio de cobre, Cu(s), com os quais testou a condutividade elétrica. Ela relaciona a neutralidade da matéria, hipótese desenvolvida na aula, com o átomo neutro. É uma relação interessante, mas ela deve ser acompanhada de outras elaborações para que os alunos não confundam as propriedades do cobre metal, como a condução de eletricidade pelos elétrons semi-livres, com o átomo de cobre. Não tem sentido, evidentemente, atribuir essa propriedade da condutividade elétrica ao átomo de cobre. Esta é uma confusão freqüente no ensino de química quando se atribui às estruturas moleculares das substâncias as mesmas propriedades das próprias substâncias, como ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade, condutividade elétrica, etc.

Graça: Depois nós vimos, também, a diferença entre o Cu(s) e o Cu(solução) ou $Cu^{2+}(aq)$... Para o cobre na solução, quem é o responsável pela condução da corrente elétrica?
Aluno (vários): Os íons...
Graça: Os íons... Percebam a diferença: cobre metal como Cu^0 e cobre solução, $Cu^{2+}(aq)$, ele está na forma iônica... Como se chama o íon de carga positiva?
Aluno (vários): Cátion
Graça: Cátion... Voltando ao esquema original: $CuSO_4(aq)$ + $Zn(s)$. Quais as partículas que eu tinha na solução de sulfato de cobre?
Alunos: Cátions e ânions, positivas e negativas...
Graça: Eu tinha cátions e ânions e o Zinco na forma metálica... Depois de um certo tempo vocês observaram... Quem tinha passado para a plaquinha de zinco ou atacado a plaquinha de zinco?
Aluno: O cobre da solução que saía na forma de metal...
Graça: Isso... O cobre saiu da solução. Ele era +2 e ficou...
Aluno (vários): Na forma metálica ou zero...
Graça: E, aqui na solução em que eu tinha Cu^{2+}, o que aconteceu? Se ele saiu da solução quem entrou?
Aluno (vários): O zinco...

Graça: Então, agora eu tenho: $Zn^{2+}(aq)$ e Cu^0 ou Cu(s)... Nós vimos que a solução era azul e passou a incolor. Então, os responsáveis por tudo isso são os elétrons que agora eu chamo de partículas fundamentais da matéria. Então, o que aconteceu? Quando o Cu é zero (Cu^0) pra ele ficar +2 (Cu^{2+}), o que ele precisa? Ganhar elétrons ou perder elétrons?... Vamos raciocinar nos seguintes termos: elétrons são cargas positivas ou negativas?

Aluno (vários): Negativas...

Graça: ... Então, o cobre está na forma metálica, ele é zero Cu^0, ou seja, ele tem o número de cargas positivas igual ao número de cargas negativas. Se ele passa a +2, o que acontece com ele?

Aluno (vários): ele perdeu elétrons...

Graça: Quantos elétrons?

Aluno (vários): dois...

Graça:... perdeu $2e^-$! E o contrário, quando ele estava na solução ele estava +2... Depois que aconteceu a reação passou a ser Cu^0 ou metálico... Então, o que aconteceu?

Aluno (vários); Ganhou elétrons...

Graça: Ganhou dois elétrons... e quem deu esses dois elétrons pra ele?

Aluno (vários): O zinco...

Graça: Isso, o zinco. Então aqui, vocês estão entendendo, que a reação só aconteceu porque houve a transferência de elétrons... Baseado, então, nas cargas elétricas negativas, várias experiências foram feitas e Thomson, em tubos de vácuo, determinou, e também através de outros experimentos, estabeleceu que o elétron tem uma massa que é $9,1 \times 10^{-28}$ g. Agora, vocês acham que o elétron é muito leve ou muito pesado?... Vejam a ordem de grandeza: 10 na potência -28! Ele é uma partícula muito leve! E a carga desse elétron?... Vocês sabem que o elétron tem que [tipo de] carga, positiva ou negativa?

Aluno: Negativa...

Graça: A carga desse elétron é negativa e de valor igual a $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb... Agora, vocês sabem que a matéria no seu todo é neutra. Se existem partículas negativas tem de existir, no metal, no cobre metálico, partículas positivas... E aí é que introduziu uma nova partícula chamada ***próton*** *e que vai corresponder à partícula positiva. Se o número de cargas positivas é igual ao número de cargas negativas, quanto vai ser a carga do próton?*

Aluno: O mesmo valor que do elétron, mas positiva...

Graça: ... Agora, em relação à massa, o que foi observado é que a massa do próton, essa carga positiva, é mais pesada e é muito maior que a massa do elétron. A massa do próton é em torno de 1836 vezes maior que a massa do elétron...

$$Ou: 1836 \times 9,1 \times 10^{-28} g \text{ ou } m_{p+} = 1,67 \times 10^{-24} g. (...)$$

Nós já temos, então, o elétron que é a partícula negativa... para [garantir] a neutralidade da matéria foi introduzida essa partícula positiva e que chamamos de próton. E mais ainda, a gente vai apresentar uma outra partícula, fundamental

também, que é o nêutron. Essa partícula vai ter uma massa aproximadamente igual à massa do próton. Vai estar localizada na mesma posição do próton... Como a neutralidade da matéria já está comprovada, essa partícula vai ter carga nenhuma... Para acomodar essas três partículas vários modelos foram propostos. Um deles, o modelo que a gente trabalha praticamente até hoje, é o modelo de Rutherford. Ele estabeleceu que existe um núcleo onde eu tenho dois tipos de partículas: os prótons e os nêutrons. Ao redor desse núcleo existe uma nuvem eletrônica onde vou ter a presença dos elétrons... Vocês viram a massa do próton, do nêutron e do elétron, então eu pergunto: onde se concentra a massa do átomo?... No núcleo ou na eletrosfera?

Aluno (vários): No núcleo...

Graça: E as partículas elétricas negativas se concentram?...

Aluno (vários): Na nuvem eletrônica ou na eletrosfera...

Ressalto, mais do que com a precisão histórica, a preocupação da Graça foi o de constituir um modelo atômico que contemplasse o contexto da aula: condutividade elétrica dos metais pelos elétrons semi-livres, portanto, acessíveis ao 'potencial elétrico' aplicado, a transferência de elétrons na troca cátion/metal, pela maior reatividade de um metal, portanto, maior facilidade de ceder elétrons, e a neutralidade total da matéria, número de cargas positivas igual ao número de cargas negativas. Isso ela conseguiu de uma forma muito original! Ao mesmo tempo ela preservou as idéias históricas de átomo indivisível (dos gregos e Dalton) até onde isso fora possível e criou a necessidade de pensar em partículas subatômicas a partir das manifestações elétricas na matéria. Fala nas elaborações de Thomson a partir de estudos em tubos de vácuo sem se ater às circunstâncias históricas em que elas aconteceram e nem ao tipo de átomo que propôs para "acomodar" as partículas positivas (os prótons) e as partículas negativas (os elétrons). Não houve, igualmente, preocupação em contextualizar as dificuldades detectadas por Rutherford para a sustentação do átomo de Thomson e a conseqüente proposição de um átomo de núcleo de massa e carga positiva, e nem com as dificuldades, com base nos conhecimentos de física da época, em 'defender' um átomo em que os elétrons deviam girar em órbitas a uma grande velocidade. Na verdade, partindo da concepção de Rutherford de um átomo com núcleo de massa (constituído pelos prótons e nêutrons) e uma eletrosfera (espaço relativamente grande e ocupado por elétrons em movimento), Graça conseguiu atingir os seus objetivos que eram o de dar explicações coerentes ao contexto produzido em suas aulas. Ao mesmo tempo consegue trabalhar outros conceitos como o número de massa, número atômico, modelos de ligações químicas em 1ª aproximação,

principalmente a formação de cátions e ânions, a organização dos elementos na Tabela Periódica e a massa dos átomos a partir das massas de suas partículas constituintes, conforme se pode ver nas próximas seqüências:

Graça: O núcleo atômico vai ser característico para cada elemento químico. Então vocês têm, por exemplo, o elemento químico hidrogênio (H). Ele vai ser caracterizado por uma número de prótons e qualquer hidrogênio vai ter um número de prótons igual a 1. Se ele tem um número de prótons igual a 1 e este é de carga positiva, quantos elétrons vai ter o H?

Alunos: um elétron

Graça: O átomo de H vai ter um próton e um elétron. Esse número de prótons é o número atômico do elemento e que é representado pela letra Z. Se eu der pra vocês, por exemplo, o elemento químico oxigênio (O), ele tem Z = 8. O que significa?

Aluno: 8 prótons e 8 elétrons...

Graça: 8 prótons ou 8 cargas positivas e 8 elétrons ou 8 cargas negativas. (...) Não pode haver outro elemento que tenha número de prótons igual a 8. O que pode variar em termos de cargas no átomo?...

Aluno: os elétrons!

Graça: Isso, os elétrons. Você sabe que se o átomo está neutro, que a neutralidade da matéria que já estudamos e vocês já viram, é um assunto que vocês já conhecem... Então, se temos um átomo de oxigênio e que está neutro, tem 8 p^+ e 8 e^-. Mas o número de prótons é característico, estes estão no núcleo... O que esse átomo pode fazer?... Ele pode perder ou ganhar elétrons... Então, o número de elétrons não é característico de um elemento químico... e sim o número de prótons! No núcleo a gente tem o número de prótons e um número de nêutrons... O número de prótons + o número de nêutrons vai te dar a massa do átomo... ou massa atômica que é representada, normalmente nos livros didáticos, pela letra A. O que significaria a massa atômica?

Aluno: O número de prótons + o número de nêutrons...

Cabe, aqui, uma observação sobre uma certa confusão, muito freqüente entre os professores de química do ensino médio, existente entre massa atômica e número de massa, e que aparece, também, nos diálogos da Graça com seus alunos. Estes são conceitos simples mas que acabam sendo confundidos porque o átomo não é 'pensado' como uma partícula real na matéria (Bachelard, 1983) cuja massa é o somatório aproximado das massas das partículas que o constituem[36]. Pensado agora,

[36] Podemos fazer essa aproximação em primeiro momento com fins didáticos, com a ressalva de que isso é aproximadamente verdadeiro podendo ser usada como a massa de um átomo com 2 ou 3 algarismos significativos. Nessas condições, o aluno verá que a massa dos elétrons não soma nada para a massa do átomo. Isto aumenta a convicção de que a massa do átomo se concentra no núcleo. Ao

a partir do século XX, como uma partícula material real da matéria, um real científico e, portanto, criado pela racionalidade humana, cada isótopo de um elemento tem o seu número de massa e, conseqüentemente, a sua massa atômica. Mas isto não surge de uma percepção primeira ou imediata, na linguagem de Bachelard, mas de uma **"evolução da filosofia química, filosofia que chega ao *realismo* rigoroso graças à organização racional de uma experiência comparativa essencialmente complexa"** (Bachelard, 1983 :79). Um elemento químico, por sua vez, passa a ser considerado como o conjunto dos isótopos naturais desse elemento. A massa atômica apresentada na tabela periódica é a média ponderada das massas atômicas dos isótopos em unidades de massa atômica[37]. Como a unidade de massa atômica (u) é aproximadamente a massa de um próton e/ou a massa de um nêutron[38], há uma tendência em confundir o **número de massa** do isótopo mais abundante de um elemento químico com a **massa atômica** desse elemento. Na verdade, não tem sentido falar em número de massa de um elemento químico, sempre um conjunto de isótopos, uma vez que, por número de massa se compreende o *número de prótons* + *número de nêutrons* de um átomo, sendo, portanto, um número natural ou inteiro positivo, sem arredondamentos possíveis. Se dissermos que o número de massa do Oxigênio é 16, estamos falando do Oxigênio isótopo 16, com $8p^+$ (elemento oxigênio) e $8n^0$. A massa atômica é 15,999u que é tomada como 16u e confundida como número de massa 16. Mas há os isótopos 17 e 18 do elemento oxigênio cuja massa é, evidentemente, muito diferente de 15,999u.

Graça se preocupou mais com a posição desses números ou com a simbologia para representar o número de massa (A) e o número atômico (Z) do que em refletir sobre o conceito do número de massa dos átomos e da massa atômica, esta expressa em gramas ou quilogramas ou, mesmo, em unidades de massa atômica e que poderia ser aceita como a massa de um próton ou de um nêutron, em primeira aproximação.

> *Graça: O número de prótons é fundamental. Ninguém vai perder carga positiva..., como a gente já falou quando a gente trabalhou com os metais. Então, o número de prótons é característico do elemento... Mas vocês sabem que os átomos podem perder ou ganhar elétrons... Vamos [ver], por exemplo, o Oxigênio (O)... Aqui na Tabela Periódica, vamos aproveitar que a Tabela está aqui, eu já falei sobre a colocação do número de prótons... aqui está, no lado esquerdo do símbolo. Do lado*

introduzir o conceito de mol, um pouco mais adiante no programa, os cálculos poderão ser refeitos mostrando todos os algarismos significativos com os quais se conhece hoje as massas do próton, nêutron, elétron e unidade de massa atômica, respectivamente, $1,672\ 648\ 5 \times 10^{-27}$ kg; $1,674\ 954\ 3 \times 10^{-27}$ kg; $9,109\ 534 \times 10^{-31}$ kg; $1,660\ 54 \times ^{-27}$ kg (Rocha-Filho, 1988).

[37] *Unidade de massa (unificada) atômica (u)* é igual a $1,66 \times 10^{-27}$ kg (com três algarismos significativos) (Rocha-Filho, 1988). Ela corresponde à massa de 1/12 da massa do isótopo de C 12.

[38] Massa de um próton ou de um nêutron, com 3 algarismos significativos, é igual a $1,67 \times 10^{-27}$ kg.

direito [do elemento] tem um número, no caso do H é 1,00797... seria a massa atômica do átomo. Existem tabelas em que a posição não é, necessariamente, nessa a posição... Nas Tabelas tem uma legenda que indica o que esses números significam! Vamos ver o elemento sódio neutro (Na^0). Ele tem o número atômico 11. Então, quantos prótons ele tem?... 11 prótons! E quantos elétrons?

Aluno: 11 elétrons.

Graça: ... Por que isso? Pela neutralidade da matéria, o número de cargas positivas é igual ao do número de cargas negativas (+11 e -11, ele está neutro). Agora, se eu falar pra vocês que o sódio perde 1 elétron... Como é que ele vai ficar se ele perder 1 elétron? ... Perder elétrons significa perder carga positiva ou negativa?

Aluno (vários): Negativa...

Graça: Vai haver alteração no número de prótons do sódio que é a carga positiva dele?

Aluno (vários): Não...

Graça: Então, ele continua com onze p^+. Eu tinha onze elétrons e perdi um, com quantos elétrons vai ficar o sódio?

Aluno (vários): Com dez elétrons...

Graça: ... Se eu tenho onze cargas positivas e dez cargas negativas, como vai ficar o sódio no final? Ele era neutro e vai passar a ser o que?

Aluno: Vai ser positivo...

Graça: Quantas vezes?

Aluno: uma.

Graça: como você chegou a essa conclusão?

Aluno: Ele tem uma carga positiva a mais...

Graça: Isso... porque ele tem um saldo de cargas positivas... O Na^0 era neutro, perdeu um elétron e se transformou em...

Aluno: cátion...

Graça: Então ele se transformou em Na^{1+}, um cátion... Vejam, por exemplo, o caso do cloro (Cl^0)... Vamos ver na Tabela... Qual é o número atômico do Cl?

Aluno (vários) dezessete...

Graça: ... o cloro, se ele ganhar um elétron, como é que ele vai ficar?... Eu posso mexer no número de prótons?... Vai haver alteração no número de prótons se ele receber um elétron?

Aluno: Não...

Graça: ... se tinha dezessete elétrons, ganhou mais um, fica com dezoito e^-. Permanece com dezessete prótons. Teremos Cl^-, um ânion...

O modelo atômico, até aqui constituído em aula, permitia estabelecer a relação com os modelos de ligação química entre átomos para formar as unidades moleculares fundamentais com as quais eram identificadas as substâncias e que aparece como UNIDADE 5 - **Modelos de Ligações Químicas**, no programa proposto pelas professoras. A idéia era desenvolver, em 1ª aproximação, um modelo simplificado de

ligações químicas; um modelo que justificasse as fórmulas representativas das substâncias utilizadas no decorrer das aulas e que permitiria dar alguma coerência à nomenclatura adotada, principalmente para os compostos entre cátions metálicos com diversos ânions de não-metais e alguns ânions binários como sulfato, nitrato, carbonato, fosfato, clorato e hidróxido.

Na UNIDADE 1 os alunos já haviam representado as substâncias simples ou elementares e, a partir delas, escrito as equações de síntese dos óxidos. É nesse ponto que deve ser 'ancorado' o modelo de ligações químicas. Uma primeira sistematização da escrita de fórmulas químicas representativas de substâncias elementares foi possível ao aceitarmos a longínqua idéia de classificarmos os elementos em metais e não-metais com base na tabela periódica atual. Para os metais usou-se a representação M(s) e para os não-metais, em número relativamente pequeno, apareceram as substâncias com representação diatômica, como $H_2(g)$, $N_2(g)$, $O_2(g)$, $F_2(g)$, $Cl_2(g)$, $Br_2(l)$, $I_2(s)$, e com representação poliatômica, como $S_8(s)$, $P_4(s)$, C(s), Si(s) e os gases nobres ou raros com as estruturas monoatômicas G(g). Foi possível discutir, ainda, a existência de diferentes variedades alotrópicas para alguns elementos.

O modelo de ligação química teria de justificar essas fórmulas representativas dos gases nobres, estruturas estáveis e isoladas na natureza, dos não-metais e alguns semi-metais na combinação de dois ou mais átomos iguais na formação de estruturas moleculares isoladas ou de estruturas macromolecuares e, ainda, os metais como estruturas cristalinas e condutoras de eletricidade em seu estado normal. Ele teria de dar conta, também, da idéia de transferência de elétrons entre estruturas atômicas de metais e não-metais na formação de compostos iônicos que, em solução aquosa, permitiam a condução de eletricidade.

A base do modelo desenvolvido foi buscado na idéia de eletrosferas atômicas 'estáveis' dos gases nobres, não em estruturas isoladas mas ao constituírem um conjunto molecular ou um par iônico. Havia aqui uma clara intenção pedagógica de permitir uma certa compreensão lógica de estruturas moleculares na constituição das substâncias. Como modelo simplificado, este deveria ser constantemente reformulado e/ou superado para dar conta de outras situações que seriam criadas e analisadas em outros momentos do desenvolvimento do programa de química. Mesmo na constituição do modelo, as professoras não se furtariam em apontar limites e lacunas para o seu uso indicando a necessidade para o desenvolvimento de modelos mais sofisticados. Um deles foi desenvolvido e testado junto à 2ª série, em 1994, pela professora Sara, para atender a novas situações, como a interação entre substâncias na

formação, ou não, das soluções químicas. Este modelo permitiu especular sobre a geometria e estrutura moleculares com base nas *estruturas de Lewis.* O mesmo modelo será útil para a discussão do comportamento ácido/base de certas substâncias em outros momentos do programa de formação química dos alunos. Tudo isso pode ser trabalhado tendo em vista a provisoriedade do conhecimento científico como princípio formativo dos adolescentes, sem cair no relativismo científico em que tudo parece ser válido. As teorias foram e permanecem válidas para aquelas situações específicas criadas e analisadas em aula, sem fechar a possibilidade de novas situações em que outras teorias se tornem necessárias.

Olhado sob o ponto de vista das três partículas subatômicas mais salientes, *prótons, nêutrons e elétrons*, organizadas de uma certa maneira, foi possível pensar, também, na massa dos átomos em primeira aproximação e, por conseqüência, criar as primeiras idéias sobre as quantidades no controle das transformações químicas. A ordem de grandeza em massa dos átomos é facilmente estabelecida admitindo-se que a massa deles seja, aproximadamente, a soma das massas dos prótons e nêutrons que os constituem. Trabalhando com três algarismos significativos para as medidas de massa dessas partículas, a massa dos elétrons é desprezível, como o aluno poderá constatar facilmente. Para testar esse modelo, pode-se utilizar os isótopos naturais mais abundantes de alguns elementos, como ^{1}H, ^{16}O, ^{12}C, ^{40}Ca, etc. e determinar a massa desses átomos a partir da soma das massas dos prótons e nêutrons que os constituem. Para ^{16}O, por exemplo, teremos:

$$16 \times 1{,}67 \times 10^{-24}g = 2{,}67 \times 10^{-23}g/\text{átomo } ^{16}O$$

Poderíamos fazer o mesmo raciocínio para ^{1}H e teríamos a massa de um átomo ^{1}H = $1{,}67 \times 10^{-24}g$, ou seja, igual à massa do próton.

Para permitir um raciocínio inicial sobre a ordem de grandeza desses números, obtidos para as massas dos átomos individuais, pode-se pensar essas massas em valores relativos, mais compreensíveis para iniciantes nesse assunto, tomando um número tal de prótons (ou nêutrons) para termos **um** grama. Melhor, ainda, pensar um certo número de átomos de ^{1}H, o menor átomo, com apenas um próton, de tal forma que tivéssemos **um grama** deste isótopo e manter a mesma relação para ^{16}O como 16g (8 prótons + 8 nêutrons), para o ^{40}Ca, 40g (20 prótons + 20 nêutrons), para o ^{12}C, 12g (6 prótons + 6 nêutrons). Isto permite ligar o pensamento desenvolvido em aula com a história da química na qual o *'peso atômico'* foi considerado um *peso relativo.* Bachelard diz que essa noção especial de peso atômico permanece como 'cultura ativa', como fato histórico pelo qual "*o peso atômico é um peso relativo que se tornou*

absoluto". Solicitar aos alunos que calculem o número de átomos de ^{1}H em 1,0g, por exemplo, é um exercício válido, embora em caminho inverso do realizado historicamente. Com dois algarismos significativos teremos o valor de 6,0 x 10^{23} átomos de ^{1}H/1,0g deste isótopo. Assim para ^{16}O, ^{40}Ca, ^{12}C. Uma tal abordagem permite a reflexão sobre as ordens de grandeza, *muito pequenas* quando se fala de massas individuais de átomos e *muito grandes* quando se fala do número de átomos necessários para ter massas em unidades de grama que correspondem ao número de massa de alguns isótopos, além de permitir o desenvolvimento da idéia de que em Química as interações, em nível microscópico, se dão em número de partículas: certo número de prótons, nêutrons e elétrons vão constituir os diferentes átomos; certo número de átomos interagem de uma certa maneira para produzir as estruturas moleculares; certo número de moléculas interagem entre si para produzir novas estruturas moleculares nas reações químicas, etc. É nas reações químicas, representadas pelas equações químicas, que essa relação de números torna-se crucial: o controle das quantidades de substâncias envolvidas em **mols**.

Esta abordagem tem revelado entendimento posterior melhor sobre o conceito de mol, normalmente considerado de difícil compreensão pelos alunos do ensino médio, que se ancora nesse tipo de raciocínio, sem criar, no entanto, distorções aos conceitos de *mol,* de *unidade de massa para o elemento químico,* de *massa molar,* etc., que deverão ser abordados logo mais adiante. Insisto, pretende-se criar aqui apenas uma 'âncora' para uma abordagem mais sistemática do controle das quantidades nas transformações químicas. Ao trabalhar, posteriormente e com base na equação química, *mol, unidade de massa atômica, massa molar*, o aluno já terá tomado contato com esses números extremamente pequenos e extremamente grandes, como são, respectivamente, as massas individuais de partículas atômicas e moleculares e o número dessas partículas para se ter massas mensuráveis em balanças usuais (gramas, miligramas).

A introdução dos conceitos *mol, massa molar, unidade de massa atômica* tem razão de ser, no programa desenvolvido pelas professoras, para racionalizar as quantidades de substâncias envolvidas nas transformações químicas. Nas equações químicas representativas dessas transformações vão aparecer os **volumes de gases em diversas condições de pressão e temperatura, volumes diferentes de soluções diluídas e em diversas concentrações, substâncias com impurezas variadas, etc.,** que não participam das transformações químicas. O controle das quantidades nas

transformações químicas é, no entanto, possível, se pensarmos em termos de número de partículas envolvidas, ou seja, em relação de mols.

A reação do zinco metálico [Zn(s)] e ácido sulfúrico diluído [H_2SO_4(aq 4,5M)] produzindo sulfato de zinco [$ZnSO_4$(s)] e gás hidrogênio [H_2(g)] ilustra bem uma situação inicial em que é necessário introduzir a reflexão sobre as quantidades em química e seu controle em reações químicas. Na situação criada em aula, os alunos partem de uma certa massa de zinco metal, adicionam solução diluída de ácido sulfúrico em excesso, investigam o gás que se desprende e separam o composto produzido. No final da reação não há mais zinco metálico, o gás que se desprende foi testado e identificado como sendo gás hidrogênio [H_2(g)], 'sobrando' uma mistura reacional que tem água (usada na preparação da solução diluída do ácido sulfúrico), ácido sulfúrico, porque colocado em excesso por orientação do professor, e um composto dissolvido e que é o sulfato de zinco produzido. A reação química pode ser interpretada pela 'transferência de elétrons' do zinco metal para o H^+ do ácido, da mesma forma como foi feito na interpretação da interação de metais mais ativos com soluções de outros metais. É uma situação em que os alunos podem utilizar conceitos químicos já desenvolvidos anteriormente para investigar os produtos da reação, escrever a equação química balanceada, interpretar o tipo de interação ocorrida segundo o modelo microscópico adotado e integrar novos conceitos relativos ao controle das quantidades dos componentes da equação química representativa da reação. Esse tipo de situação é também de **alta vivência dos alunos**, porém **vivência construída** em aula e não no cotidiano. Sobre ela os alunos são capazes de falar, argumentar e defender seus pontos de vista. Ela serve, portanto, para integrar novos conceitos químicos como o controle das quantidades nas transformações químicas a partir do número de partículas moleculares envolvidas, superando a idéia inicial da quantidade em massa, muito acentuada no estudo das leis da massa nas reações químicas.

Nesse momento são ressaltadas as dificuldades que se tem para o controle de massa de um produto gasoso como o gás hidrogênio ou do ácido sulfúrico em solução aquosa diluída. Isso abre caminho para um novo raciocínio, fundamental na aprendizagem química: *a quantidade em mols com a qual participa cada componente da reação.*

A quantidade em mols de substâncias sólidas e líquidas puras é facilmente estabelecida a partir da massa molar. Para as soluções líquidas, nas quais o componente ativo está dissolvido, partimos da concentração desse componente em

mols por dm^3 de solução. O simples volume da solução, de concentração conhecida, é suficiente para o controle da quantidade do componente dissolvido, não necessitando da massa da solução ou outras quantidades. Não se trata, aqui, de desenvolver um estudo sistemático do, assim chamado, capítulo das soluções químicas. A atenção está toda voltada para a quantidade em mols da substância dissolvida partindo de um certo volume de solução da qual se conhece a concentração em mols por dm^3 dessa solução ou mmols por cm^3.

A UNIDADE 4 - **Gases: novos modelos de explicação da transformação química**, aparece com a finalidade de discutir a reação química, representada pela equação química balanceada, como interação entre um certo número de unidades moleculares das substâncias envolvidas, nos diferentes estados: substâncias em estado 'puro', na forma sólida, líquida e gasosa ou em solução, geralmente aquosa. Mas há um olhar muito especial para os componentes gasosos da reação, geralmente tratado em capítulo à parte nos programas tradicionais de ensino de química.

As medidas com gases envolvem quatro variáveis: volume (V), pressão (p), temperatura absoluta (T) e quantidade em mols (n). Sem entrar em muitos detalhes, pode ser explorada a proporcionalidade existente entre V e as outras três variáveis e, desta forma, é possível, partindo das vivências que os alunos têm em relação às substâncias gasosas, deduzir a equação universal dos gases (Maldaner, 1992 :15-27). Por exemplo: aumenta-se a pressão interna em uma bola de *futebol* ou em um *pneu* de bicicleta ou automóvel, introduzindo maior quantidade de gás; um aumento de temperatura aumenta essa mesma pressão; um *pneu* de caminhão precisa receber muito mais gás que um *pneu* de automóvel de passeio para se obter uma certa pressão. Esses e outros conhecimentos do cotidiano dos alunos permitem uma compreensão suficiente da equação geral dos *gases ideais* para o controle das quantidades de gases envolvidas nas transformações químicas, em primeira aproximação. As dificuldades inerentes à aplicação dessa equação em situações concretas não deverão ser esquecidas, discorrendo, principalmente, sobre o modelo de *gás ideal* como uma representação aproximada do real em condições de temperaturas não muito baixas e de pressões não muito elevadas. Um rápido tratamento gráfico do comportamento físico de um gás assim, como V *versus* p e V *versus* T, mostrará, facilmente, que as moléculas de um *gás ideal* teriam de ter volume zero e que as interações entre as moléculas teriam de ser nulas.

Esse tipo de procedimento em aula, embora introduza uma *situação ideal*, 'recria' os *instrumentos teóricos*, próprios da ciência, porque permitem, ao homem,

atuar sobre o mundo concreto! Deixando isso bem explícito, o aluno terá uma compreensão sempre melhor do alcance e da dimensão da ciência: *instrumento de compreensão, atuação e intervenção no meio, pelo homem, e não expressão de uma verdade definitiva.*

III.4.2 - A manutenção de um grupo de professores/pesquisadores na escola - um desafio a ser enfrentado

A idéia inicial, proposta às professoras da escola para 1995, ano em que me afastaria do grupo, foi a de desafiá-las a identificarem possíveis temas de pesquisa que seriam desenvolvidos no decorrer do ano.

Otavio: Na reunião passada desafiamos o grupo para elencar assuntos ou possíveis temas de pesquisa, que pudessem ser trabalhados no ano que vem por vocês e que mostrassem, realmente, uma pesquisa que concretizasse essa idéia de professor/pesquisador.... Após elencar possíveis temas, vamos escolher um, elaborar um projeto, não como algo a mais, mas que fosse a própria ação/reflexão explicitada de vocês. Não sei se vocês chegaram a pensar nisso... Mas está em aberto ainda... A idéia é achar uma questão de pesquisa, que fosse dentro da nossa atividade e que nós pudéssemos fazer, de fato, um trabalho para ser divulgado nos congressos de professores e que, com o tempo, se tornasse uma coisa normal e que vocês executassem todo o ano... A idéia é a análise da ação... Quê tipo de pesquisa poderíamos conduzir, nesses termos, no ano que vem?

Graça: Eu estou com tanta coisa para pensar que não estou concluindo nenhum pensamento... Ontem à tarde eu estava pensando nisso...

Otavio: Mas fica em aberto, mais uma semana, para ver se a gente consegue achar uma coisa nesse sentido...

Sara: O que a gente pode pesquisar nos alunos?

Otavio: Situações de ensino... Por exemplo: a Graça e eu vamos escrever um artigo, na verdade, uma narrativa de uma situação de sala de aula. Vocês poderiam, por exemplo, escrever sobre uma situação de aula... Uma unidade em que vocês registrassem tudo, analisassem os resultados... Seria uma pesquisa de uma situação de ensino. Ou outras coisas que vocês achassem mais importantes... Digamos que queiram pesquisar a formação de um certo conceito que achamos importante em química como, por exemplo, um conceito que o aluno do segundo ano devia ter a partir da atividade feita nesse ano; ver como é que está este conceito no segundo ano... Aí faríamos atividades que pudessem revelar o estado deste conceito, analisaríamos os dados... Teríamos uma posição do que aconteceu

com estes alunos que tiveram uma instrução conforme foi planejado aqui no grupo. Não é uma nova atividade!... É claro, exigirá mais organização, leituras, registros, reuniões..., mas será sempre do interesse da formação de vocês... Será a formação continuada de vocês e a contribuição para que outros grupos de professores/pesquisadores se estruturem e achem caminhos de autoformação com base na pesquisa e reflexão sobre a ação... Temos de aprofundar alguma leitura, mas, basicamente, aprender a analisar, a partir do que os alunos fazem, o pensamento deles, a evolução da sua forma de pensar, o conhecimento que está, realmente, acontecendo... Por exemplo, o que nós vamos fazer, e para este ano ainda, é escrever, conjuntamente, alguns artigos... Estamos trabalhando o primeiro artigo em cima da concepção da primeira unidade de ensino no segundo grau..., já está confirmado e ele deverá ser entregue até o final do mês[39] *... Esta poderia ser uma prática constante na atividade de vocês...*

Graça: Gente de Deus, acho que não vou chegar no fim do ano... de tanto que tenho que fazer...Olha, eu estou cansada!

Uma pesquisa mais formal, além do que seria possível desenvolver nas horas de trabalho pedagógico (HTPs), dificilmente poderia ser viabilizada. De fato, nas reuniões de estudo no início do ano letivo de 1995, o compromisso das professoras, para um trabalho coletivo de reflexão, estudo e pesquisa, restringiu-se às duas horas que vínhamos usando nos dois anos anteriores. É esse espaço que temos! É possível irmos além do que fomos?

Graça: Eu acho que a gente tem que estipular esse dia e fazer desse dia o nosso HTP, sem o Maldaner. Olha, eu preciso aprender um monte de coisas do primeiro e terceiro anos, uma porção de coisas com a Ângela, das aulas dela... Discutir o conteúdo, como é que vai andar, como é que não vai... Discutir os roteiros de laboratório...

Otavio: É isso, vocês se organizam como se eu não estivesse aqui... O espaço vai ser de vocês, inclusive a inserção de novos professores...

Graça: Eu falei para o Diretor: é tão difícil conseguir a mesma equipe?... Por que não vai manter? ***É por isso que no Estado nada dá certo em termos de trabalho pedagógico!*** *Hoje estamos com um grupo, começamos um trabalho, no ano que vem cada um vai para um lado, entra gente estranha no grupo e o trabalho... Eu acho que quanto mais firmeza a gente tiver nesse trabalho, quanto mais a gente estudar em cima disso, mais a gente vai produzir, com mais segurança, já vamos saber detectar onde é que estão as falhas, vamos tentar resolver sozinhos e quando não conseguirmos temos a sua ajuda... O importante é essa seqüência de trabalho.*

[39] O artigo foi publicado em *Química Nova na Escola*, n.1, p.15-19, 1995.

Otavio: Combinamos assim: nas segundas-feiras vocês têm essas horas de estudos de vocês. O espaço das HTPs tem essa função! Esse estudo, eu imagino, será a continuidade da análise das atividades, onde elas não estão funcionando, onde tem que remodelar o programa... As dúvidas que tiverem, vocês registrem e me escrevam um 'bilhete'; eu venho aqui em outros horários, leio e encaminho com vocês... Até aqui temos três unidades que elaboramos no ano passado e que podem ser bem analisadas a partir da análise das fitas de vídeo realizadas nas aulas... Já analisamos, ainda no ano anterior, as aulas da Sara, embora faltasse alguma coisa. Mas temos que fazer o mesmo com as aulas da Graça e da Ângela. Esse seria o primeiro material de análise de vocês...

Graça: Esse trabalho [de análise das fitas de vídeo da Sara] foi muito produtivo... E coisas que você acha que dá pra ver em três horas... não deu! Nós discutimos umas seis horas... eu acho que foi muito bom!

Sara: Você volta a fita, ouve de novo, vê como é que fez, o que aconteceu...

Otavio: ... teríamos de achar esses horários para analisar as fitas da Graça... A segunda unidade do programa da 1ª série, que é a que filmamos, vai vir rápido nesse ano... No ano passado ela deu esse assunto em Agosto/Setembro e nesse ano, imagino, que vai dar o mesmo assunto em final de Abril... Como essa unidade é mais nova, diferente do que se costuma desenvolver nas escolas, e você fez muito bom trabalho e que está nas fitas, é importante que os outros as vejam e tomem as decisões...

Graça: Uma sugestão: em todo bimestre temos os provões... Poderíamos tirar um dia em que todo mundo pudesse participar e tirar esse dia para trabalhar em cima dos vídeos...

Sara: Consertaram os vídeos?... Ou temos de ir na minha casa, como fizemos no ano passado...

Graça:... Você acredita que em um dos aparelhos a televisão está 'quebrada' e em outro o aparelho de vídeo está quebrado... Eu vim desde o dia 20 de Janeiro, falei com a Direção pra arrumar o vídeo, instalar tudo... Estamos começando o ano, acho que é bom o professor vir aqui, começar a usar tudo isso...

Da equipe original de professoras, com a qual trabalhamos nos anos de 1993-94, restaram a Graça e a Sara. A professora Ângela foi nomeada para uma outra escola e continuou ligada ao grupo por mais alguns meses. Era professora única de química na nova escola e tentou implantar o mesmo programa de ensino em cuja elaboração participara nos dois anos anteriores. Teve muitas dificuldades e pouco apoio da direção da escola. Mais tarde se afastaria do grupo de discussão por falta de condições de tempo e espaço. A professora Ida, embora estivesse integrada na equipe original e tivesse tido uma participação importante no início, não se comprometeu

com o grupo e fez o trabalho dela de forma isolada. O maior problema dela sempre foi o das ausências, tanto na sala de aula quanto no grupo de estudos e pesquisa.

Dois novos professores foram integrados à equipe no início do ano letivo de 1995, ambos com contratos temporários: o professor David, licenciado em química, e a professora Alda, formada em engenharia química. Já em meados do segundo semestre letivo, a professora Alda solicitou rescisão de contrato e houve a necessidade de integrar um outro professor, para atuar no último bimestre. Foi escolhido Gustavo, bacharel em química. Atuou, ainda durante o ano de 1995, o professor/licenciando Luís, também integrado ao grupo e que pôde, assim, realizar o seu estágio.

A situação revelada no parágrafo anterior fala por si!

Não havia trabalho mais importante a desenvolver do que integrar os novos colegas ao grupo. Coletivamente fora produzido um programa novo de ensino, incompatível com o programa tradicional em itens isolados e em seqüência 'de consenso tácito', e isto impedia que um professor chegasse na escola, entrasse em sala de aula e, simplesmente, começasse o seu trabalho de forma independente do que estava sendo feito. Havia uma produção coletiva do conjunto dos professores de química sobre a qual, apenas, Graça e Sara mantinhm o domínio. Isto teria de ser socializado! Havia um material disponível para fazê-lo: um programa de ensino renovado para cada uma das três séries; as anotações das professoras sobre o desenvolvimento de cada item do programa conforme produzido nas reuniões de estudo e pesquisa; as produções das aulas que as professoras vinham fazendo para serem relatadas aos colegas, principalmente as unidades de ensino produzidas com mais detalhes para cada uma das séries e acompanhadas em sua primeira execução; as transcrições das fitas de áudio de todas as reuniões realizadas pelo grupo durante os anos de 1993 e 1994, com mais de 400 páginas; as fitas de vídeo das aulas da Graça, da Ângela e da Sara, entre 10 e 15 aulas de cada uma.

A proposta de analisar algumas aulas *vídeo-gravadas* surgiu durante a produção das unidades de ensino para cada uma das séries. Cada professora manifestara interesse em ver como se daria a mudança da aula a partir da nova proposta de ensino. Os tempos das professoras não permitiam que uma professora fosse assistir à aula de outra. Daí surgiu a idéia da produção dos vídeos. A partir das fitas de vídeo, as aulas produzidas poderiam ser discutidas coletivamente. Esta prática, além de viabilizar a observação de aulas de uma professora por outra, poderia trazer vantagens adicionais sobre outra possível prática em que uma professora

solitária assiste à aula da outra: *com as fitas de vídeo pôde ser viabilizada a discussão em grupo cuja prática queríamos desenvolver.*

> *Otavio: Nós vamos discutir a aula [de cada professora], que é uma das formas de trabalho coletivo e de crescimento do grupo... Você faz um tape de vídeo da aula e discute. O nosso trabalho vai ser o de discutir a aula da Graça, [filmada na semana passada. Outras serão filmadas e, a partir da própria análise coletiva dessas aulas, a professora poderá voltar e retomar o ensino proposto e, ainda, fazer a sua própria análise, sua própria reflexão. O vídeo tem uma vantagem: você pode voltar e ver, novamente, o que aconteceu naquele momento. Sem dúvida, vai ser um material muito interessante para a nossa pesquisa... É muito importante que tenham um espírito crítico, de analisar, ver como poderia ser diferente, o que foi bom naquele momento... Vocês vão ver que tem muito mais acertos do que erros... Não há erros, na verdade, são coisas que vamos observar, coisas que ela não falou e podia ter falado, a reação dos alunos...*

Foram poucas as oportunidades de análise dos vídeos produzidos! Não havia tempo disponível e havia dificuldades de uso dos aparelhos na escola por problemas técnicos. A análise de uma aula levava bastante tempo e havia a necessidade de produzir o programa de ensino. Só com as horas semanais disponíveis nas HTPs não era possível fazer ambas as coisas. Somente no mês de dezembro, época de recuperação dos alunos, foi possível reunir as professoras com mais horas e analisar a maior parte dos vídeos filmados nas aulas da Sara que desenvolvera a sua parte em uma unidade de ensino para a 2ª série. As reuniões eram gravadas em áudio e a partir delas as professoras já conseguiam reformular os seus programas de ensino produzindo novas ênfases, fazendo novas relações entre os conceitos em desenvolvimento. Essas reuniões tiveram que acontecer na casa da própria professora porque os aparelhos de vídeo e TV da escola estavam com defeito.

A nova situação criada para o ano letivo de 1995, com a exigência de inserção de novos professores no grupo, permitiu que os vídeos tivessem uma outra função: *a de permitir que os novos professores tivessem uma idéia do desenvolvimento do programa de ensino de forma mais concreta e já pudessem formar um juízo mais crítico sobre o desenvolvimento das aulas.* De posse de um programa novo, diferente de toda a formação ambiental que tiveram, o impacto que recebem é bastante forte. As reações são as mais diversas, como se pode ver nos transcritos das fitas de áudio produzidos por ocasião da análise das fitas de vídeo das aulas da Graça. Essas análises aconteceram sem a minha presença.

Sara: Estamos discutindo sobre as aulas da Graça... É esta parte de reações de troca de íons, metais, metal troca com outro na solução, etc. Está havendo uma divergência de opiniões. A Alda vai falar a opinião dela, eu vou falar a minha e depois o Luís fala a dele.

Alda: Eu acho que é muito difícil essa parte de transferência de elétrons para os alunos compreenderem. Eles não têm... Está certo que se quer chegar a um modelo atômico... mas este conceito, como eles não têm, ainda, uma noção de como é, realmente, a estrutura do átomo, na verdade, eles têm uma certa dificuldade. Então, eu acho, que é muito difícil eles entenderem essa parte. Como se processa uma transferência de elétrons, por que... Acho que é meio difícil a compreensão dessa parte pra eles.

Sara: Acho que até o experimento que mostra que há corrente elétrica, que dissolvendo o sal vai conduzir a corrente elétrica, que o metal conduz a corrente elétrica, que sem a dissolução o sal não conduz a corrente elétrica... e daí fazer a explicação pra o átomo, eu acho legal. Agora, essa discussão posterior é que complica um pouco e que podia ser dada em outra parte pra a gente adiantar um pouco a matéria. Porque já estamos em final de Agosto e eu estou ainda nessa parte por problemas de greve... Só que acho que a matéria... eles estão cansando porque nunca chega no átomo... Meus alunos do primeiro colegial ainda estão na discussão da Lei de Dalton, e eles já [estão cansando], porque aprenderam no Ginásio... Então eles falam: 'ah, mas o átomo não é assim!'. Então, eles já sabem que não é assim... Então, está um negócio superlento! Talvez eles quisessem uma coisa mais rápida.

Alda: E outra coisa... Como a gente está num modelo de Dalton e eles já sabem que o átomo é constituído por prótons, nêutrons e elétrons, pelo menos uma noção eles têm, fica assim...

Sara: ... perdem interesse...

Alda: ... não que perdem interesse... Eles não sabem para onde isto vai levar... Por que eles estão vendo essa transferência de elétrons? [Eles podem pensar]: 'espera lá, o modelo de Dalton era uma bolinha indivisível, a gente já sabe que tem íons...e agora a gente está vendo essa transferência [de elétrons], mas onde que isto vai chegar?'... Eles podem pensar dessa maneira...

Sara: eles ficam meio perdidos.

Alda: É, perdidos...

Luís: Bom, nesse caso..., eu também tenho uma opinião... Primeiro concordo com as duas outras. Inicialmente, eu acho que, a título de introdução, você mostrar que há condução de corrente elétrica e condutância, isso é importante. Uma vez que isso é mostrado, acredito que deveria se passar ao modelo de átomo que eles já conhecem do primeiro grau, ou seja, voltar a se falar de um modelo atômico onde existem prótons, nêutrons elétrons. E uma vez que isto estivesse fixado na cabeça deles, aí sim, retomar o assunto que é o foco principal do curso de Química que é o

das transformações químicas. Aí sim, uma vez que tivesse esse modelo fixo, aí sim...

Sara:... [ver] tabela periódica, fazer essa parte... Porque você já está ensinando reação de dupla troca, reação de simples troca, você já está ensinando as reações químicas...

Luís: Perfeito!

Alda: Eu acho meio penoso para os alunos ver assim, de repente, numa reação: tinha um átomo de cobre na reação e depois vai vir o nitrato de cobre, de repente, a fórmula vai ser $Cu(NO_3)_2$, depois... É lógico, vai ser explicado de onde vieram aqueles números 2, 3... Acho meio difícil eles entenderem como se processa essa transferência [de elétrons] sem eles saberem ligação química, número de oxidação e, talvez, até distribuição eletrônica... Por que ocorre isso?... Acho um pouco difícil eles verem isso, sem esses conceitos...

Vemos que Sara, embora tenha participado de toda a reformulação do programa de ensino para a 1ª série, não estava segura e nem muito convicta sobre o modelo de explicação adotado por Graça. Alda fora inserida no grupo desde o início do ano letivo através da discussão do programa e já atuava nas 1ªs séries sob a orientação constante de Graça. Luís, professor estagiário da licenciatura de química, estava tendo os primeiros contatos com o programa renovado de ensino, através do vídeo referente às aulas de Graça.

Percebe-se que a idéia de manter um programa tradicional está muito presente nos dois professores novos e, também, em Sara. Alda sentiu a necessidade dos pré-requisitos de estrutura atômica, ligações químicas, número de oxidação, etc., enquanto Sara apelou para a necessidade de 'dar o programa', de apelar para o conhecimento anterior dos alunos sobre o átomo, classificações de reações químicas, etc. Luís concorda com ambas e parece indicar para a necessidade de ensinar primeiro os modelos atômicos e então interpretar as transformações químicas. Todos parecem preocupados, naquele momento da reunião, em querer 'passar os conteúdos' na forma tradicional! Mas o programa que estávamos desenvolvendo caminhava em outra direção: *os modelos de explicação, como os átomos com partículas subatômicas, só seriam propostos se houvesse uma situação criada que os exigisse. Essas situações não apareceriam espontaneamente mas seriam criadas pela mediação do professor permitindo que os conteúdos de química se tornassem disponíveis na forma pedagógica. Os conteúdos seriam trazidos para dentro da situação, mediados pelo professor e pela linguagem química em estruturação. Com isso poderíamos ir mais longe, inclusive nos conteúdos de química que os professores tanto reclamam. Mas*

queríamos que esses conteúdos estivessem integrados na mente dos alunos desde o início. A intervenção de Graça, na discussão, procura lembrar isso! Ela vai, na realidade, defender a sua aula pelos resultados de aprendizagem que os seus alunos apresentaram nos dois anos de trabalho e acompanhamento.

> *Graça:* ***Estou trabalhando com eles a neutralidade da matéria****... Por exemplo: eu dou a carga do ânion para eles relacionarem... Eles trabalharam no começo desse tópico em sala de aula, os metais e os compostos de metais. Então eu falei: vamos fazer os compostos com o grupo sulfato... aí eles fizeram: sulfato de cobre, sulfato de zinco, de alumínio... Assim para o nitrato, para o cloreto... eles fizeram a fórmula, diziam o nome... Aí trabalhei com eles, dei pra eles, já no laboratório, condutividade elétrica e tal... A gente colocava a fórmula do composto que tinha testado, eles chegaram a falar: 'por que no $NaNO_3$, se usa só um Na e no $Ca(NO_3)_2$ se usa o NO_3 duas vezes ...'. Aí eu expliquei sobre a neutralidade da matéria: toda matéria é neutra na sua totalidade... Se existem cargas elétricas tem que ter o mesmo tanto de positivas e negativas... Expliquei isso daí e eu trabalhei com eles o seguinte: alguns grupos tem carga 2-, SO_4^{2-} é 2-, se o total tem que ser zero, eu punha por exemplo com Na... Quantos Na preciso se cada Na tem carga 1+... Eu punha a fórmula e discutia a carga. Depois eu dava a fórmula do cátion e pedia pra eles fazerem a fórmula [de um composto com outros ânions]. E por fim eu juntava as duas coisas: dava a carga do cátion e a carga do ânion e eles formulavam os compostos; é para eles terem bem essa idéia aí [da neutralidade]... E aí eu mostrava: sulfato de cobre, sulfato de ..., nitrato de cobre, cloreto de cobre..., entendeu,... com qualquer dos ânions o Cu valeria +2. E fiz a mesma coisa invertendo: independente do cátion todo ânion SO_4^{2-}, com qualquer cátion ele teria carga 2-. Eu estou trabalhando isso com eles, pra eles entenderem a neutralidade da matéria... Depois, na transferência dos elétrons vou falar da troca entre os metais. No exemplo do $AgNO_3$ e Cu(s)! Tenho um Ag para um NO_3^-... troca o Cu pelo Ag. Vou precisar 2 $AgNO_3$ para cada Cu. É aí que eu quero que eles cheguem, que eles saibam a quantidade de um em relação ao outro. Mas tudo eu fiz baseado na neutralidade da matéria...*

Graça trabalha com a idéia da **neutralidade elétrica total** da matéria, em geral, e das substâncias, em especial. Isto lhe permite ensinar a formulação dos compostos iônicos mais comuns, mesmo que não tenha abordado os modelos de ligação química, centrando toda a atenção nas cargas elétricas, a necessidade de manter a neutralidade total e a repetição e conservação de estruturas químicas importantes como cloretos, nitratos, sulfatos e, ainda, a constância das cargas de alguns cátions mais comuns. Indica os compostos inorgânicos nos estoques do

laboratório, alertando para a existência da série de sulfatos, nitratos, cloretos, etc., variando, apenas, os cátions, ou para a série de compostos de sódio, potássio, cobre, etc., variando os ânions. Ao agir assim, Graça está 'negociando' significados importantes para a linguagem química utilizada até aqui sem, no entanto, se preocupar, de forma precoce, com outras teorias e outros instrumentos teóricos que irão justificar as fórmulas em uso, como a tabela periódica, os modelos de ligação química, a nomenclatura sistemática, o número de oxidação, os elétrons de valência, etc. Negocia significados novos na medida da necessidade de entendimento da situação em estudo, e para defender essa posição, usa um argumento convincente: *'os alunos aprenderam bem a matéria ensinada nos dois anos de aplicação da proposta'.*

Sara: Eu fico em dúvida... Como é que ele vai entender isso se ele não sabe que os elétrons da última camada, que eles tem tendência em perder, se você ainda nem falou em átomo. Ele decora aquilo: Ag é +1...

Graça: Ele não decora... é dado pra ele [o cátion e/ou o ânion], e o único conceito químico que eles teriam de ter no momento é a neutralidade da matéria. Eles não decoram nada, eu dou tudo pra eles... Se peço a carga do cátion eu dou a carga do ânion, se peço a carga do ânion, eu dou a carga do cátion, ou a fórmula pronta. Se eu dou a carga do cátion e do ânion, eu peço pra eles formularem.

Luís: O que a gente estava pensando aqui que, uma vez que isto é colocado, fica um pouco difícil os alunos associarem isso, mais futuramente, com o modelo atômico, modelo com prótons, elétrons e nêutrons. A gente estava discutindo, justamente, a validade entre essas duas partes, depois que você fala da formulação e tal, voltar e falar um pouco do modelo atômico, mostrar a perda e o ganho de elétrons pra depois sim falar das reações químicas, das reatividades, dupla troca... Apesar da gente saber que o curso está centrado nas transformações químicas, que é a coisa mais importante...

Graça: O objetivo é atingir isso daí...

Luís: Então, ainda assim, pelo menos é minha opinião, a gente poderia fazer uma interrupção só para citar isso daí, só para que eles pudessem colocar essa idéia que o átomo tem prótons, nêutros e elétrons, também em prática.

Graça: Os elétrons eles já tem a idéia... E quando eu termino esse conteúdo da reatividade química, o modelo de átomo exige a presença de uma carga elétrica negativa que é o elétron que pode se transferir da forma metálica para o metal em solução, o cátion ... No ano passado eles assimilaram bem e associaram bem essa parte aí: 'perdeu elétron ou ganhou elétron'... Eu achei até que ficou bem colocado, entende, eles associaram bem...

Sara: Na fórmula eles não mostraram dúvidas?... Porque aí (na fita de vídeo), a gente vê você explicando e eles não fazem muitas questões. Mas e depois, na hora da avaliação, você achou que eles entenderam?

Graça: Eu acho. Eu tive um aproveitamento bom nas classes do ano passado, em relação a isso. Inclusive, acho que vocês que estão dando aula no segundo ano, vocês têm que ver o que tem de falho aí nesse momento, pra a gente poder consertar pra esse ano. Mas eu acho que eles assimilaram, sim! Aquela troca de elétrons, ganha elétrons, perde elétrons... ficou bem batido com eles...
Alda: Eles me perguntaram, no primeiro ano, de onde é que vinham esses compostos, por exemplo, o sulfato de zinco e o sulfato de cobre. Eu falei pra eles, recordei aquela parte de simples troca, dupla troca, no caso do cloreto de sódio com nitrato de prata... Eu dei pra eles a reação genérica, mostrando a simples troca, dupla troca... E falei pra eles donde vinha. Porque teve vários alunos que perguntavam: mas donde é que vem? Então recordei: lembrem que vocês viram classificação de reação, tudo... E daí passei pra eles de novo!

Percebe-se que a idéia central do programa renovado de ensino, que procura organizar um pensamento químico através da linguagem química na qual as fórmulas químicas são representações das substâncias e de algumas de suas características e não estruturas químicas resultantes da teorização química, ainda não fora compreendido. As teorias e os modelos de explicação que os professores estavam reclamando, principalmente Luís e Alda, virão justificar as representações adotadas, dar-lhes orientação e sentido. Esta é uma mudança de pensamento sobre o ensino de química que os professores novos não conseguem fazer a partir uma simples análise de vídeos sobre as aulas da Graça, e muito menos tomar o rumo traçado no meio do caminho. Vale lembrar que a aula dos metais/cátions é a segunda situação de alta vivência proposta no programa. O rumo fora traçado anteriormente! A própria Sara que participou de todo o processo, embora não tenha testado o programa da 1ª série, ainda mostra resistência à mudança mais radical de sua concepção sobre o ensino de química e o programa adotado. Para a 1ª série essa mudança é, necessariamente, mais radical porque é nessa série que desejamos constituir o pensamento químico sobre o meio e possibilitar que os alunos falem quimicamente sobre uma determinada situação. A atuação de Sara fora mais em outras séries nas quais esse pensamento é ampliado e dá-se, naturalmente, pela introdução de novos elementos e de conhecimentos mais estruturados. David viu, apenas, um novo método nesse trabalho todo! É, novamente, Graça que procura chamar a atenção para as novas ênfases que estão em jogo e que elas são fundamentais para a compreensão da química. Segundo ela, os alunos aprenderam e tiveram mais facilidades.

Quando da análise das fitas de vídeo das aulas da Graça, a discussão apontou, também, para problemas mais amplos do que o desenvolvimento do programa como,

por exemplo, a questão do **ensino noturno**. As aulas da Graça foram desenvolvidas em uma turma do diurno: alunos de classe média baixa e que ainda não trabalhavam, em sua grande maioria. A situação do curso noturno é bem outra e os professores sentem que não poderiam trabalhar tudo o que viram nas fitas sobre as aulas da Graça e isso os deixa angustiados. Há apenas duas horas/aula semanais no primeiro ano do curso noturno a partir de 1995, enquanto o diurno mantém as três horas! Como desenvolver o mesmo programa? Seria possível? Quais as saídas apontadas? Elas revelam suficiente crescimento dos professores do grupo para que se decidam a tomar um rumo de independência em relação às suas crenças anteriores? Pelas seqüências seguintes vemos que as soluções apontadas para o ensino noturno, no que se refere ao trabalho com a química, merecem muitos reparos. Para preservar o mesmo programa, entenda-se o mesmo conteúdo, aparecem sugestões para deixar de lado a **prática**, por exemplo, e desta forma, ganhar tempo. Isto mostra a separação teoria/prática, algo que deveria estar superado se a ênfase que desejam desenvolver é a compreensão, sob o ponto de vista da química, de uma situação de vivência dos alunos. Cogita-se, também, em 'dar resumos' para determinados conteúdos porque não dá pra fazer tudo! Percebe-se, nitidamente, a força das crenças antigas dos professores, mesmo em Sara e Graça, há três anos envolvidas com estudos e pesquisas sobre o melhor desenvolvimento de um programa de ensino de química, mesmo em condições adversas como aquelas que são apontadas. Essas condições adversas são limitações objetivas ao bom desenvolvimento do trabalho escolar e é importante que os professores as apontem e as analisem. O que preocupa são as soluções apontadas para o desenvolvimento do programa de ensino de química. Parece ser a própria situação problemática dos cursos noturnos que impede um discernimento maior aos professores e aí emergem as velhas crenças.

> *Sara: Nós estamos terminando de ver a fita da Graça, na qual, depois de dar a prova, ter comentado a prova feita, os alunos estão apresentando os seus trabalhos sobre os metais;... principais metais utilizados na metalúrgica, siderurgia... O interesse é levá-los para as ligações químicas, ligações metálicas...*
>
> *Graça: O procedimento [usado] foi o da divisão do assunto em temas diversos distribuídos para os alunos. Inicialmente, eu fiz uma explanação sobre rochas, jazidas, minerais... Aí eles fizeram o trabalho em grupos... Um grupo falou sobre o alumínio, outro sobre o zinco, outro grupo sobre o cobre, outro sobre as ligas metálicas, principalmente, materiais novos que tem aparecido e, às vezes, chega ao conhecimento dos alunos e eles não sabem interpretar... Conhecendo essas ligas metálicas eles já vão saber a explicação que têm, por que ela é mais resistente do que o metal sozinho... É importante eles associarem o que vêem na Química, dentro*

da sala da aula, com o cotidiano, o dia-a-dia deles, o que lêem no jornal, revistas... Não só revistas científicas mas revistas de qualquer nível... Os alunos fizeram as suas apresentações, cada equipe apresentou um tema e passou o resumo para a classe, e isso foi cobrado também nas provas. (...) Queria que vocês fizessem observações no que diz respeito ao conteúdo, postura, o que faltou, o que foi de mais... Nesse conteúdo, os metais na forma como se apresentam, na forma de composto e na forma de metais normais, da forma como abordado no ano passado e é como a gente está fazendo, nesse ano também, nas primeiras séries do colegial da manhã... O pessoal da noite está atrasado em relação ao conteúdo e a Sara pode falar sobre isso. As outras classes do primeiro ano estão com a Ida e sobre elas não sabemos como está andando o conteúdo, ela não tem estado mais conosco, nem trocado idéias, nem experiências e nem nada... Sara, o que você tem achado aí, o que dá pra fazer à noite?...

Sara: À noite é uma outra realidade, agravado pelo fato de as minhas aulas serem nas quintas-feiras e sextas-feiras nas duas últimas horas... Então, a maioria dos alunos falta, a maioria vai embora e, às vezes, a classe inteira... Eu ainda estou dando o modelo de Dalton, estamos em setembro..., eu não vejo como aplicar na íntegra todo o programa que a Graça aplicou. Eu acho que não vai dar tempo e os alunos estão meio desmotivados porque está muito devagar... Porque faltam... Quando consigo reunir 10 eu consigo fazer alguma coisa... eles já têm uma parte do ginásio de que o átomo não é assim. Então eles ficam: 'mas onde você quer chegar? Pra que nós estamos fazendo isso?' Então, eu ***vou ter que adiantar a matéria****, vou cortar partes do laboratório, posso dar esse trabalho de metais para ajudar na nota porque, em geral, estou com pouco conteúdo pra poder aplicar uma prova... Estou dando mais na base de lista de exercícios pra nota e tal...*

E uma outra coisa, que acho importante, é que seu Maldaner nos abandonou... Ele deveria estar aqui pra ver como que os segundos anos da manhã estão indo, em vista do aproveitamento que eles tiveram, ou não, da matéria aprendida no primeiro ano. Se valeu a pena esse método ou não, acho que é isso que está faltando na tese dele aí no nosso programa. Porque eu vejo que os meus alunos do 2º ano e que agora estão no 3º, aproveitaram muito pouco daquela parte que ensinei dos óxidos, bases[40] *..., agora quando estou ensinando equilíbrio e pH, eles não sabem reconhecer pela fórmula se é um ácido ou uma base... Sabe, quando você põe assim: o que vai fazer aumentar o pH na solução... e põe as fórmulas e o nome das substâncias, eles não sabem reconhecer nem pelo nome se aquilo é um ácido ou é uma base. Sabe, eles ficam na mesma coisa como estavam no ano passado...*

Graça: Certo, e os alunos do diurno?... Você tem duas turmas dos segundo anos da manhã que foram meus no ano passado, como tem sido em relação ao andamento do seu conteúdo na segunda série, se os alunos entendem mais facilmente... se tem

[40] Junto a esses alunos, aos quais se refere Sara, havia sido testado uma unidade de ensino, produzida em nosso grupo, relativa aos óxidos, ácidos, bases e sais. Foi um trabalho interessante desenvolvido por Sara e que eu acompanhei e gravei em vídeo. Aqui Sara manifesta um pouco de decepção pela falta de resposta dos alunos a um trabalho feito e do qual esperava mais resultados.

um aproveitamento melhor com a aplicação desse programa, se no segundo ano eles têm condições de levar de maneira mais tranqüila, com maior entendimento...

Sara: Ah, isso sempre tem, porque a turma da manhã estuda mais que o pessoal da noite, eles têm mais tempo... e então a gente percebe que eles aprendem mais rapidamente. E a parte que nós estamos dando nesse ano tem uma parte de ligações químicas e eles já tinham tido uma parte com você, foi mais fácil eles aprenderem essa parte: ganha elétrons, perde elétrons... eles não tiveram problema.

Graça: Isso é importante porque esse conteúdo de metais, é o centro de tudo pra a gente entender transformação química... Só vai acontecer transformação química quando há transferência de elétrons nesse tipo de reação... Na conclusão disso eles vão enxergar que onde ocorreu a reação química, a mudança de cor, a transformação química acompanhada pela mudança de cor, a solução original que era azul ficou amarela, cinza, incolor, branca, deve ter havido a transferência de elétron do metal mais ativo para o metal menos ativo em solução... Enfatizei muito com eles esse processo de transferência de elétrons na ligação química...

Sara: Eu estou com as classes dos 3os anos da manhã, que foram as suas no ano passado e onde se aplicou o programa modificado de óxidos... Já senti que [os alunos] da turma da manhã sabem, eles não têm dificuldade de reconhecer ácidos, bases... Agora, os meus [alunos] da noite..., parece que não ensinei nada...

Graça: É que da noite é o problema da rotatividade de alunos...

Sara: Eles vem dormindo mesmo, não prestam atenção...

Graça: Está trabalhando com um grupo; na aula que vem esse grupo não vem, vem outro grupo, você tem que repetir de novo... Então, o trabalho, no noturno, realmente, não rende...

Sara: Você não acha difícil o trabalho no noturno, David?

David: é muito difícil...

Sara: [É muito difícil] ter uma continuidade, uma seqüência... Parece que você tem que sempre repetir... Em 40 minutos de aula, 15 você perde revendo o que você explicou na aula anterior pra quem faltou tentar saber alguma coisa. Depois você tem mais 15 minutos pra dar a nova matéria... No outro dia acontece a mesma coisa... Fica sempre assim, só 15 minutos pra dar a nova matéria...

David: Realmente, o que a Sara falou, eu endosso. A gente trabalha com o noturno, eu nunca tinha visto lá no Paraná esse método, nunca trabalhei nesse método, um método excelente, bom... Ainda não estou integrado totalmente nele porque a gente pegou o barco andando e eu tenho pouco tempo pra também me dedicar porque, também, estudo fora e não dá pra gente estudar mais a fundo. Mas o superficial já peguei e senti que o método é bom, que realmente traz alguma coisa...

Graça: Os alunos aprendem mesmo. Por exemplo, essa transferência de elétrons, eles fizeram tudo com a maior facilidade... E quando chegarem no terceiro ano e trabalharem a Eletroquímica vai ser muito tranqüilo também...

David: Agora, sobre o que a Sara falou, realmente, o noturno é uma outra realidade, completamente, diferente... Nós tivemos semanas inteiras sem aulas, praticamente.

Quando é véspera de feriado já a semana inteira os alunos não vem. E tivemos muitos feriados..., estivemos superprejudicados em termos de aula, de conteúdos e tudo... E essa rotatividade dos alunos?... Têm uns alunos fiéis... Mas esses alunos fiéis, são dois/três/cinco.. que não faltam nunca. Mas o resto é aquela rotatividade... é muito difícil de trabalhar, não tem como... Eu analiso até que, quem sabe, no ano que vem, a gente podia dar uma enxugada nesses conteúdos do noturno... Não adianta a gente querer vencer um conteúdo total e não chegar a lugar algum... Se tiver menos conteúdo, pegar o básico do negócio mesmo e aplicar esse básico, acho que a gente vai levar a um caminho melhor, vai levar a um objetivo melhor com eles...

Graça: Eu tenho a impressão que, com esse trabalho já desenvolvido com os primeiros anos, os segundo anos vão estar bem melhores. Sabe, essa parte de transformação é interessante, é uma coisa que eles não esquecem, eles aprendem com facilidade porque associam muito com o cotidiano deles. E é uma pena a falta de tempo [no curso noturno], porque esse experimento que a gente faz com os metais, eu acho que é o auge, é parte em que eles começam a associar tudo desde o começo, tudo o que a gente vai introduzindo com os metais. É uma pena... mas em uma aula de laboratório eles não conseguem montar [a prática]. Fica aquela confusão sobre o que por [em cada recipiente]... Eles são desorganizados. Eu sinto isso, também, nos primeiros anos do diurno... Você tem que usar outra aula pra ver o que aconteceu... A reação com o alumínio é meio lenta... Com o ferro eles já podem observar na mesma aula se você colocar um pedaço de 'bombril'. A área de contato é maior, acelera a reação, a troca de elétrons vai acontecer mais rapidamente... Mas o alumínio demora, o zinco demora... Então eles vão ter de observar na outra aula... e só na próxima pode discutir... Isso aconteceu..., não é fácil, o esquema é realmente demorado...

Sara: É pra quem tem três aulas por semana. Pra quem tem duas aulas por semana, [como começou a ser no curso noturno a partir de 95], não dá...

David: Eu creio que a implantação desse método está sendo gradativo... Foi implantado com maior intensidade no 1º ano e depois segundo ano e por fim o terceiro ano... Pelo que deu pra entender... Eu não tenho o primeiro ano. Do segundo ano tenho uma turma e estou numa turma muito fraca, estou bem atrasado no conteúdo, ***tive que rever toda a ligação química,*** *e não saí disso...*

Graça: Você não deu nem a polaridade[41] *...*

David: Não tem como, não tem como chegar lá... Estamos em setembro e tem toda a eletroquímica pra ver...

Sara: química orgânica não vai dar pra ver nada...

David: química orgânica, praticamente, não vai dar nem pra falar, que dirá apresentar pra eles... Por isso tem que ver...

---

[41] Graça se refere ao programa renovado no qual se trabalha um modelo mais sofisticado de ligação química e que permite discutir a solubilização de substâncias a partir de interações possíveis entre as substâncias a partir da geometria molecular, polaridade das moléculas, etc.

Sara: Termoquímica nós vamos terminar agora em Setembro... Aí começa a eletroquímica em outubro...

Graça: Sobre a eletroquímica a Ângela desenvolveu no ano passado conforme produzido aqui no grupo... Não é tanta coisa assim, não é tão complicado assim...

Sara: Mas nós nem vimos a fita da Ângela, ainda...

Sara: Então, é isso que estou sugerindo que a partir da segunda-feira a gente veja a fita da Ângela; a gente podia esquematizar um resuminho, pra andar mais depressa...

Sara: Ela não trouxe a parte dela por escrito...

Graça: Trouxe, está aqui... Então, a gente pode ver isso na semana que vem, esquematizar um resumo, a gente faz no mimeógrafo à álcool, eu faço pra vocês...

David: Isso seria mais fácil...

Graça: Só preciso saber o número de alunos... Assim dá pra eles terem alguma idéia... porque esse assunto é interessante. Pode até ser que não dê pra fazer as práticas... A Ângela montou a pilha no laboratório... Não dá pra fazer tudo, mas dá pra ver as idéias principais e dar um pouco de química orgânica... Fazer na forma de trabalho não dá também e vocês tem que 'perder' aula, também... Não se faz nada em casa... No curso noturno, os alunos não têm tempo de fazer em casa... têm que fazer aqui, em sala de aula... Então, poderia fazer esse resumo aí e depois fazer um resuminho de química orgânica... as ligações de carbono, os tipos de funções orgânicas, o que se estuda em química orgânica, um pouco de nomenclatura... Mais pra eles saberem se virar... Pra não ser um negócio totalmente estranho pra eles...

David: Uma das dificuldades minhas... [no meu curso de química] era dada mais a parte do primeiro ano, a parte de química geral. No segundo ano, a parte mais forte minha era a cinética e equilíbrios. Já na parte de termoquímica e eletroquímica eu nunca trabalhei... Eu vou ser sincero nunca mexi isso em aula. Estou tendo dificuldade, não na parte da matéria. Mas, tendo em vista que nunca dei isso, tenho que preparar com mais cuidado... Essa parte de termoquímica e eletroquímica eu nunca mexi e a turma está tendo dificuldade...

Graça: Você tem escrito essa parte?

David: Não...

Sara: Nós não preparamos nada de termoquímica[42] *... eu sigo o livro!*

David: Eu... tive professor na universidade que não sabia nem o que era a palavra termoquímica... Ele deu termoquímica pra nós... O que aprendi foi por conta!

Graça: Você não é estimulado a aprender legal... e daí já aparece a dificuldade de passar o conteúdo..

David: Na parte de orgânica tive excelentes professores...

Graça: Então, vamos fazer isso com a eletroquímica? Vou preparar as cópias do que a Ângela desenvolveu no ano passado pra vocês poderem dar alguma coisa... E a termoquímica, você não vai trocar algumas idéias com a Sara?

[42] Isto não é totalmente verdadeiro... Quem ficou de organizar as idéias discutidas -aliás, muito bem discutidas a partir da pesquisa das idéias dos alunos, realizada por duas alunas de Iniciação Científica, a cujo trabalho já me referi- foi Ida. Como ela não se comprometeu com o grupo ficou esse vazio...

David: Não, a termoquímica está indo... As dúvidas que eu tiver... eu te procuro... O método é excelente, mas eu sempre digo pra meus alunos: você pode estar na melhor escola do mundo, ter o melhor professor do mundo, mas se você não abre um livro pra estudar, não dedica um tempo pra matéria, não presta atenção na aula..., não tem método, não tem professor que vá fazer o milagre...

A introdução de um novo professor no grupo é tentada de múltiplas formas e as professoras Graça e Sara estão cientes de que dominam uma nova abordagem da química em sua escola, que vai muito além de um novo método, e querem que o professor que chega entenda isso, mesmo que seja a partir de alguns poucos encontros. Às vezes isso dá bons resultados, como foi com o professor Gustavo que chegou já na segunda quinzena de setembro para substituir a professora Alda que se desligou do magistério para fazer outra coisa. Gustavo assumiu, mais ou menos na mesma época, em duas escolas diferentes. Em suas falas ele manifesta a satisfação em encontrar apoio em um grupo constituído e preocupado com a melhoria do ensino de química praticado na escola.

*Sara: O Gustavo... está se inteirando do nosso **método de ensino**!*
Graça: Então, no primeiro ano estamos nesse estágio aí... A gente conversa, se reúne toda semana, a gente discute, troca idéias como: o que você deu de exercício; o que eu dei... Às vezes um ou outro elabora uma coisa escrita que a gente pode mimeografar e entregar para os alunos para que a aula ande melhor, já flua melhor. Por exemplo, no modelo atômico de Rutherford em que você vai apresentar o número atômico, o número de massa... você traz uma folhinda com exercícios pra eles, você já ganha uma aula aí... Porque, pra eles copiarem demora quase uma aula. Daí, na hora em que você começa a fazer bate o sinal... Daí, se você pede pra fazer [os exercícios] em casa, às vezes, não deu tempo de explicar. Com essa 'folhinda' você já começa enxugar conteúdo... Então, no primeiro ano é essa seqüência aí... Depois se você quiser estudar esse trabalho que a gente escreveu junto e já foi aplicado no ano passado...
Luís: Você recebeu a 'Revista Química Nova na Escola'?... Ali tem um artigo excelente do Maldaner e da Maria do Carmo Piedade sobre parte do trabalho desenvolvido aqui na escola...
Graça: É dessa parte aqui, não dos metais, mas das transformações... É muito bom [desenvolver isso em aula], é jóia..., os alunos se envolvem e aprendem as noções iniciais da química... Você sai daquele tradicional... e você já vai colocando todos os conceitos aqui, entendeu? Tipo ação química, reação, transformação... eles vão enxergando tudo.. Aí você já vai falando de elemento químico, de substância... Até chegar no modelo atômico de Dalton, você não fala o que é átomo, você não fala em átomo. Você fala do elemento oxigênio, substância gás carbônico... depois você fala

no modelo de Dalton e daí fala em átomo, molécula... E a representação microscópica... Porque é importante os alunos também enxergarem... isto eles estão enxergando tudo em laboratório em nível macroscópico. Quando começa o modelo de Dalton, a gente representa o átomo por bolinha... Então, eu acho que fica mais fácil porque você vai indo numa maneira diferente mas vai abrangendo tudo aquilo do primeiro ano. Pode pegar o livro do primeiro ano aí, você vai ver que tudo está no livro. Não, é obviamente nessa seqüência aí... Então, o primeiro ano é isso daí...

A preocupação da Graça foi a de dar uma idéia do que havia sido trabalhado na primeira parte da programa do primeiro ano e que permitira chegar a um primeiro modelo microscópico de interpretação da reação química sob o ponto de vista da conservação das estruturas atômicas ou dos elementos químicos. De fato, partindo da idéia da conservação do elemento químico, sob o ponto de vista de representação do elemento por seu símbolo químico, é possível discutir a conservação da massa nas transformações químicas e a proporção em massa com que os elementos químicos participam de um composto, desde que se use a linguagem da equação química como representativa de reações químicas. Há nisso uma ênfase na linguagem química como desencadeadora e organizadora de idéias químicas importantes na mente dos alunos, dentro do programa de ensino proposto, e não na análise das condições históricas que proporcionaram as leis de Lavoisier e Proust. Estas são válidas porque há a conservação dos elementos que constituem as substâncias envolvidas nas reações e que participam sempre na mesma proporção em número e, conseqüentemente, em massa nos compostos. A partir disso é facilitada, também, a compreensão do contexto histórico em que essas leis foram enunciadas, e as dificuldades que havia em fazê-lo em contexto no qual a natureza atômica da matéria não era totalmente aceita.

Se considerarmos que Graça está fazendo uma avaliação do trabalho desenvolvido no início do ensino de química na 1ª série, vejo com preocupação a pouca ênfase que ela dá ao uso da linguagem química na aprendizagem dos alunos. As representações das substâncias pelas fórmulas químicas, a escrita das equações químicas em que se procura focar a conservação dos elementos ou átomos, a permanência do número de átomos que constituem a estrutura fundamental representacional de uma determinada substância, a ocorrência de uma transformação química pela reorganização dos elementos ou átomos em outras fórmulas químicas representacionais de novas substâncias, etc., são os instrumentos teóricos utilizados para mediar a formação do pensamento químico dos alunos sobre as situações em estudo. A necessidade da conservação de estruturas atômicas fundamentais é

decorrência dessa abordagem que procuramos desenvolver no ensino de química. Graça ressalta mais o fato de essa abordagem contemplar todos os conceitos químicos normalmente desenvolvidos no primeiro ano! Para argumentar de que isto é verdadeiro sugere que procure em um livro de Química de primeiro ano e se certifique de que todos os conceitos ali constantes estão sendo trabalhados no primeiro ano, embora em outra seqüência.

Poderíamos especular sobre os motivos de uma omissão tão importante quanto ao uso da linguagem química na estruturação do pensamento químico e do realce tão marcante sobre o cumprimento de um programa considerado oficial: os conceitos apresentados pelos livros didáticos tradicionais como expressão da verdade dos conceitos a ensinar no primeiro ano do grau médio. Já falei do relativo consenso que há sobre os conceitos a serem ensinados em uma química introdutória para o ensino médio. Isso, de fato, foi preservado no programa desenvolvido. Ao falar com um novo professor na escola e, também, iniciante como professor, era natural que imaginasse alguém com a mesma formação que todos os químicos têm: uma formação ambiental sobre o que e como ensinar química para alunos do ensino médio. Mas o programa que Graça estava defendendo, mais Luís e Sara, era diferente na seqüência e na concepção do que seja a aprendizagem química e do que seja química como ciência, embora permitisse desenvolver os mesmos conceitos dos programas tradicionais. Difícil seria, em tão pouco tempo, desenvolver todas as idéias metodológicas e, principalmente, de concepção epistemológica e de aprendizagem, que estavam por detrás do programa proposto. O importante era comunicar alguma coisa num tempo mínimo que dispunham e quebrar uma possível resistência ao que deveria ser desenvolvido pelo novo professor! A possibilidade de observação das fitas de vídeo e os textos das transcrições das reuniões foram colocados à disposição de Gustavo: '*Depois, se você quiser estudar, esse trabalho que a gente escreveu em conjunto, coordenado pelo Maldaner, está todo aqui e já foi aplicado no ano passado...*'

> *Graça: Sara, vamos conversar do segundo ano, ver como está o andamento da matéria...*
>
> *Sara:... Agora nós vamos começar o estudo das funções químicas, eu vou deixar essas folhas aí, que é o resumo do trabalho que a gente faz.* ***Isso aqui você tem que ler!****... Então é o seguinte: as funções químicas a gente começa com eles mostrando...*
>
> *Graça: Antes de dar as funções químicas, vocês pretendem dar um trabalho sobre as propriedades coligativas?*

Sara: Já dei..

Graça: Então anota aí: trabalho [proposto aos alunos] sobre as propriedades coligativas e já vai mandando brasa aí nas funções...

Gustavo: Dá isto aí, também, em uma ou duas semanas?

Graça: Uma semana, duas no máximo... Sobre as funções tem uma prática de Laboratório aí... Você está com ela aí, Sara?... Ah, senhor David, chegou no fim da reunião? ..

Sara: Esse é o Gustavo, veio no lugar da Alda...

David: Ah, está jóia... Seja bem vindo!

Graça: Ele pegou as aulas da Alda, não está substituindo a Alda; ela não volta mais... Substituição é quando volta! E ela não volta mais... Estamos discutindo os componentes, o que vai ser trabalhado no segundo colegial, agora. Você [David] tem turma de segundo ano à noite?

David: Uma só!

Sara: Esse trabalho [sobre as propriedades coligativas] você pede [para os alunos realizarem] e a gente já pode entrar na parte de funções... O que a gente pode fazer com eles? A primeira coisa a gente solicita pra que eles listem o que conhecem, o que já ouviram falar, do que seja uma substância ácida, ou do que seja uma substância básica, ou do que seja um sal, ou do que seja um óxido. Se eles já conhecem alguma coisa... Às vezes eles falam: ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido muriático... Então você lista na lousa, se eles falam o nome você põe o nome..., pode por a fórmula do lado... Aí a gente vai explicar pra eles que usa a palavra alcalino pra bases que os ácidos estão sempre na forma líquida mas que na realidade são soluções obtidas de uma reação química. E aí a gente leva eles pró laboratório e ensina pra eles como usar o indicador de ácido/base. Primeiro você pega um ácido qualquer, uma base qualquer pelo nome e você fala: agora nós vamos aprender a usar o indicador. Pra que serve um indicador? Pra saber se é um ácido ou uma base. E como funciona? Mudando de cor, através de uma reação... E o que significa a palavra meio... Porque pra eles meio é metade... pra nós é solução que está ácida que está básica... Nós usamos como exemplo de indicador da cocaína, que os policiais usam em batidas, que fica azul.. é um indicador, sabe que é cocaína que está aí pelo uso do indicador...

Sara desenvolveu, de forma muito interessante, esse assunto que aparece com o nome de *funções inorgânicas*. Não temos, na verdade, uma função inorgânica, no sentido em que se usa *função* na química orgânica. Há, tão somente, grupos de substâncias que podem ser organizadas mais pelas suas representações em fórmulas do que pelo *comportamento* diante de outras substâncias ou pela interação que têm com outras substâncias. Uma mesma substância pode ser classificada como óxido, como base, ou como ácido, dependendo do tipo de substância com a qual interage.

Ou, óxidos diferentes, diante de uma mesma substância, podem ser considerados, ora como bases, ora como ácidos. Embora essas e outras coisas venham sendo discutidas, o capítulo das funções inorgânicas continua nos programas de ensino de química.

Sara tentou 'passar' uma pálida idéia para Gustavo do que vinha desenvolvendo sobre o assunto. É um assunto unificador dentro da concepção de programa inovado pelo grupo, integrando assuntos relativos ao primeiro e segundo anos do ensino médio. Do primeiro ano retoma as equações de síntese dos óxidos, das ligações químicas, da tabela periódica no que se refere à classificação dos elementos químicos, nomenclatura usual e IUPAC, etc. Do segundo ano retoma estruturas de Lewis para analisar o tipo de ligação entre os átomos e sua disposição no espaço para poder especular sobre os pontos de 'ruptura' nas moléculas e a obtenção de possíveis 'fragmentos' para novas interações, soluções e solubilidade das substâncias inorgânicas em água, concentrações dos íons 'isolados' na água, equilíbrios iônicos, etc.

O desenvolvimento dessa unidade também foi acompanhado na presente pesquisa, de forma semelhante ao desenvolvimento da unidade dos 'metais', com a produção coletiva das aulas, gravação das aulas em áudio e vídeo, discussão dos vídeos, replanejamento das aulas a partir da análise dos vídeos pelo grupo, análise de desempenho dos alunos em avaliações, etc. Esse material estava disponível, também, para a integração dos novos professores. Não vou apresentá-lo aqui.

III.4.3 - **Os professores avaliam o programa de química e discutem as limitações externas que lhes são impostas**

O trabalho coletivo dos professores da escola continuou sem a minha presença durante o ano de 1995. Ao mesmo tempo em que Graça e Sara mantiveram o grupo de estudos, já mais preocupadas em inserir os novos professores, conforme vimos anteriormente, as condições de trabalho dos professores pioraram ainda mais no decorrer desse ano. Isto transparece nas falas das professoras e dos novos professores, inseridos no grupo durante esse mesmo ano, em reunião de avaliação coordenada por mim no final do ano de 1995. É uma reunião de avaliação na qual as falas dos professores revelam muito do que aconteceu.

A avaliação feita pelas duas professoras participantes de todo o processo e mais dois professores inseridos de alguma maneira no grupo de estudos e pesquisa, refere-se à avaliação de uma escola, escola concreta, datada e localizada, com sujeitos

em interação na busca de uma educação escolar melhor. Considero isso de grande valor, não por ser representativo de uma amostra, mas por ser uma situação vivida, por revelar o mundo vivido das pessoas, constantemente sufocado pelo mundo do sistema, da burocracia. Por isso transcrevo na íntegra as falas desses sujeitos que insistem em gritar para serem ouvidos por um sistema que os anula. Ao fazê-lo na forma de coletivo organizado não ficam imobilizados e conseguem produzir consideráveis avanços.

Otavio: Eu gostaria de fazer uma reunião para ver como estamos indo com o trabalho... Havia falado que viria durante o ano de 1995 se vocês me chamassem. Como não me chamaram, supus que tudo estava indo bem... Soube, apenas, que houve modificações na equipe e que vocês estavam integrando os novos professores com muita competência e criatividade. Hoje estou aqui para ouvi-los falar, com muita liberdade, como estão indo, e possam avaliar o que está acontecendo...

Vamos começar pela Sara... Fala tudo o que passa por sua cabeça...

Sara: Nesse ano eu apliquei a proposta no 2º colegial, dentro do mesmo esquema utilizado no ano passado em que você filmou; só que foi para o colegial da manhã. Achei que eles entenderam um pouco melhor porque já tinham tido no primeiro colegial a explicação de natureza elétrica da matéria que a Graça havia dado. Só que na hora da explicação... você põe: o óxido com água para dar o ácido ou a base... Os erros não foram em porcentagem tão grande, mas continuaram os erros [na hora de escrever as fórmulas]. Escreveram tudo na forma de base ou na forma de ácido[43].

Graça: Eles não conseguiram enxergar quando é óxido ácido ou básico?

Sara: Mesmo com as explicações da diferença da quebra... porque a água quebra a molécula [do composto formado na interação com o óxido] produzindo OH^- ou H^+ e tal... Havia uma dificuldade de entender isso daí. Mas havia uma porcentagem melhor de acertos do que erros; no ano passado mais de erro. Quanto ao noturno, cheguei à conclusão que no noturno não dá pra aplicar o tipo de esquema que foi proposto para o primeiro colegial. Primeiro porque são só duas aulas semanais e eu tive a infelicidade de essas aulas serem nas quintas e sextas-feiras, e nas sextas depois do recreio.... Então, eu tinha na quinta dez alunos e na sexta eu tinha cinco diferentes daqueles dez (...). A turma do noturno não é uma turma que vem constantemente à aula. Então foi demorando, demorando e demorando e chegou em setembro, eu tive de explicar, rapidamente, que o átomo era feito de prótons, elétrons e nêutrons, no primeiro ano, pra ter uma coisa que pedir em prova...

[43] Sara se refere à forma adotada de escrever a substância resultante da interação de óxidos de metais e de não-metais com água. No primeiro caso se obtém hidróxido do metal ou $M(OH)_x$ e no segundo se obtém um ácido oxigenado para o qual se usa a forma H_xEO_z e que poderia ser escrito também como $EO_y(OH)_x$. Através dessa forma de escrita, é possível especular sobre a ruptura preferencial na molécula, ou é entre H–O, para o caso dos ácidos, ou entre M–O, para o caso dos hidróxidos.

Explicar a distribuição em camadas, isótopos, isóbaros..., pelo esquema tradicional. Porque, senão, não ia dar tempo pra nada, nem fazer os experimentos de natureza elétrica, reação de metais com soluções de outros metais, etc. E houve os feriados, também... Tivemos feriados nas quintas e sextas. Então, pra mim, não deu resultado! O seu esquema é legal com 3 aulas semanais, com alunos participando sempre. Agora, do tipo que é o esquema aqui no Aníbal de Freitas, não há condição de explicar... Porque um [aluno] que assistia à aula num dia não assistia no outro. Aí você vinha e tinha que explicar tudo de novo! Vinham os alunos e perguntavam: o que vai cair nas provas?... Se você vê as minhas provas... elas são sumárias porque não havia conteúdo, era mais falação, falar sobre os elementos químicos, sei lá... Tentar puxar deles alguma coisa... E na hora da prova não tinha conteúdo pra dar. Então as provas ficavam bem simples, eles foram razoavelmente bem, só que quando tinha mais conteúdo você via que não haviam aprendido.

Otavio: E a questão do grupo de estudos?...

Sara: O grupo, sem a tua presença, degringolou um pouco. Eu acho que a gente tem, ainda, muito a falta de alguém pra direcionar... Eu entendo assim. A gente sabe como fazer, tenta fazer, mas não sabe se está certo! Surge algum problema não sabe como fazer... Eu acho que se tem alguém que pudesse vir dar continuidade e que pudesse vir assessorar a gente... Tem muita coisa que a gente fica: 'e aí, o que a gente vai fazer... é...é..., não sei, sabe...'. Pode ser falha nossa também...

Otavio: Vocês chegaram a ler os documentos produzidos...

Graça: Nós vimos fitas, discutimos as fitas de natureza elétrica da matéria, dos óxidos e derivados com a Sara... E que aconteceu foi uma quebra no grupo... Primeiro perdemos, no começo do ano, muito tempo pra integrar a Alda. A gente tinha que passar pra ela tudo 'mastigadinho'... o conteúdo, o que eu tinha anotado... Cada semana eu passava o que estava dando pra ela dar também. Lista de exercícios e tudo!... Daí houve o problema da greve; eu tive que segurar o meu conteúdo, dentro das primeiras séries, porque eram 4 turmas minhas e 3 dela; eu tive que segurar o conteúdo no primeiro ano pra ela poder me alcançar por causa da greve... Eu senti prejuízo nisso, porque eu poderia trabalhar GASES com as minhas turmas e não trabalhei porque tive que esperar... Depois até ela se integrar no grupo, isso demora, não é fácil... Eu poderia ter cumprido o programa, mas acontece que ... Depois, a Alda largou as aulas em agosto. Daí o Gustavo começou, umas três semanas depois, porque a gente não achava professor. Aliás, até apareceram alguns e eu não quis, porque, sabe, é um pessoal que não me inspirou confiança, um pessoal que não tinha muito a ver com química... Um rapaz tinha feito um curso técnico de química e tinha ficado não sei quantos anos sem trabalhar, nunca tinha dado aula no Estado e tal. ***E eu pensando muito, com muito carinho em todo o trabalho que a gente tem feito há três anos... Trabalho, sabe, suado, a gente se sacrificou, se dedicou...*** *Então, o que aconteceu? Depois de a Alda largar as aulas chegou o Gustavo que também, pra se inteirar, teve pouco tempo, porque foi em outubro e novembro... Não deu pra se inteirar...*

Sara: Ele é que nem a 'formiga atômica'! Passou todo o mundo na matéria...
Graça: Ele deu do jeito dele... Não deu pra ele pegar o conteúdo nosso, a proposta nossa... Era pouco tempo. Eles haviam ficado três semanas sem aula com a saída da Alda, aí a gente viu no calendário tinha um monte de feriados... Ele chegou na semana do provão relativo ao 3º bimestre..., os alunos ficaram três semanas sem aula e ele teve de aplicar o provão, a prova bimestral. Então, foi muito problemático! Nas classes com as quais eu trabalhei, eu achei que rendeu, eu achei que produzi melhor que no ano anterior, os alunos também se mostraram mais seguros, inclusive nas conclusões, relatórios... Eles pegaram melhor do que no ano passado o fio da meada. Mas são só 4 classes e chega no ano que vem, essas 7 classes vão se fundir em 3 ou 4... Então vai ter alunos com prejuízo no ano que vem, não deu tempo... O Gustavo chegou eu já estava terminando a natureza elétrica da matéria; eu já tinha feito os testes de condutividade, de reatividade química dos metais e tudo... Se o Gustavo fizesse tudo isso não dava tempo, não ia dar seqüência na matéria... Então a gente optou em explicar só a natureza elétrica, só fez o teste da condutividade, só isso... Daí ele já partiu pra os modelos, pra terminar os modelos... Não teve aquela seqüência...
Otavio: A Alda trabalhou com eles aquela parte das transformações químicas até o modelo de Dalton...
Graça: Trabalhou... Até Dalton, Lei de Proust... Foi isso que ela pediu na prova do segundo bimestre. Eu já estava um pouco mais adiantada do que ela, segurei um pouco pra andar junto... Mas na hora em que ela largou, deu toda essa problemática aí...
Otavio: Ela largou por que?
Graça: Eu não sei! Ela disse que precisava ajudar o pai dela, era um problema de família... Mas eu não sei se ela não arrumou um emprego... outra coisa assim. Pedi pra ela ficar até o final do bimestre, a gente comprimiria o conteúdo... Porque é assim: até chegar o Gustavo, se apresentar, se inteirar, se engrenar com as classes...
Gustavo: Nas duas primeiras semanas foi só pra me achar...
Graça: Exato! Então não dava pra ele fazer os testes... Eu já estava num ponto que eu já tinha começado a fazer os testes de reatividade e ela estava pra iniciar isso... Eu pedi pra ela ficar pra completar esse conteúdo e daí ficava mais fácil pro o Gustavo, poderia ler os resumos sobre os modelos, ler nos livros, eu tinha os resumos... Mas ela não quis ficar... Então, isso ficou meio comprometido... No segundo ano o Gustavo acompanhou com a Sara; só deu pra trabalhar até as funções... O outro item seria a cinética química que não deu nem pra começar... Então, foi bastante prejudicado o trabalho... Agora, o David com mil problemas com o noturno porque um segundo ano, com o qual trabalhou, não teve nada no primeiro ano, que foi a turma da Ida, que teve problemas no ano passado, licenças, ausências... o David ficou, praticamente, na mesma tecla o ano inteiro, e dentro

dessa situação que a Sara te colocou sobre o noturno... No terceiro ano a Sara não conseguiu trabalhar a eletroquímica, deu na forma de trabalho para os alunos...

Eu estou muito preocupada com tudo isso pelo nível dos vestibulares. O nosso aluno não dá conta de fazer... Não dá, porque tem conteúdos importantes que a gente deixou de dar pra eles... E o problema que a gente teve dentro do nosso grupo foi a Ângela... Que a gente estava bem entrosada em termos de planejamentos e desenvolvimento de conteúdos e tudo, ela não apareceu mais nas reuniões... E muita coisa ela não pôde aplicar na escola dela porque a diretora não deixava usar o laboratório... Ela, no começo, levou bastante coisa daqui. Toda a parte da transformação química... emprestei material, reagentes, recipientes...

Otavio: Lá na escola dela tem laboratório?

Graça: Diz que tem, eu não conheço, diz que é uma sala de aula pequena que não tem torneira, não tem extintor... Então ela ficou meio receosa de mexer e diz que a diretora também não favorecia... Era aquela complicação de pegar a chave... No começo ela fez [a parte prática] na sala de aula, toda a parte de transformação... Mas depois ela perdeu o estímulo e acabou não fazendo... Ela está sozinha lá naquela escola... Então, o problema nosso é a ***bendita escola pública****; você não tem seqüência... não tem seqüência no trabalho. Para o ano que vem estamos com várias mudanças: não tem mais o HTP, aumentou o número de horas-aula na sala de aula pra todos os professores... Esses horários de estudo serão facultativos, não mais obrigatórios... Facultativo quer dizer que você pode fazer ou não: para duas horas você pode apresentar projetos com alunos e três horas você pode apresentar projeto que quiser... Pelo que eu entendi, é mais na fase de recuperação, revisão de conteúdos...*

Otavio: Estudos na forma de coletivos, não?

Graça: Estudos coletivos, não! Essas duas horas ainda pode, [desde que os professores estejam de acordo e disponíveis para as mesmas horas]... Quero ver se consigo introduzir esses dois períodos... ***Mas tem que ser todo mundo que for dar aula de química no ano que vem!*** *Todos vão ter que querer esses dois períodos pra isso, porque senão já sai do grupo...*

Otavio: Continuam no ano que vem: Graça, Sara e Ida.... Mas a Ida não fez concurso, não está na fase de estágio probatório?

Graça: Está! Mas não foi pedida a avaliação dela... Porque a Secretaria da Educação mandou, lá por agosto/setembro uma relação de professores que tinham tomado posse, eram efetivos, mas estavam em período de avaliação, ainda. Dependendo da avaliação o professor continuava na escola ou era mandado embora. Dela não foi pedida a avaliação... Ela já tinha mais tempo de escola, apesar de ter pouco tempo no cargo de efetiva, ela tinha muito tempo de estado; uns 5-6 anos...

Otavio: Que relação ela tem com vocês?

Graça: Nenhuma... Nenhuma, só bom dia e boa tarde... Eu, vira e mexe, estou falando com ela... De manhã ela deu problema porque pegou duas classes da

manhã do magistério. Não vinha dar aula, faltou adoidado... Chegava na prova, a prova, sabe, não tinha nem conteúdo e nada...

Otavio: E a direção não pode fazer nada?

Graça: A direção já fez, já mandou duas cartas por escrito, pra ela assinar, chamando a atenção... Uma o diretor disse que ia mandar para o DO, não sei se foi... O que a gente esperava era que essa avaliação fosse feita pra ela, mas não veio... Você já viu, a Secretaria, ao invés de pedir pra que a escola avaliasse a todos os professores que achasse necessário..., já veio com a lista pronta, lá de cima... E ela, apesar de ser nova como efetiva, ela tem tempo de cargo e acharam que não precisava passar por avaliação... O sistema está bem furado e está prejudicando muito o nosso trabalho... À noite, as classes que ela pega, no ano seguinte, não se trabalha nada...

Otavio: Mesmo em qualquer esquema, mesmo no tradicional...

Graça: Mesmo no tradicional... Está supercomprometido... Ela sempre trabalhou no tradicional...

Otavio: David, fale um pouco desse problema que você sentiu com o noturno e depois do entrosamento com o grupo... Acho que esta é uma questão importante e nós temos de achar uma saída para este tipo de coisa... Os alunos faltam e é o que a Sara insiste muito. Como é isso na sua opinião?

David: A gente não tem como fazer trabalho em seqüência... O aluno vem um dia e falta dez dias. Inclusive, o problema de faltas, é um problema trágico...Tem muita gente 'dependurada' comigo em faltas...

Graça: Tem uma porcentagem de faltas maior do que é permitido no ano...

David: Agora, com essas HTPs para o aluno, ele pode vir e, com isso, abonando faltas...

Graça: Sabe o que eu acho do curso noturno? Já faz um tempo que não trabalho com turmas do noturno, já trabalhei, já consegui fazer um bom trabalho... Acho que é a falta de unidade dentro do corpo docente. Se todos os professores marcassem faltas: faltou, marca falta; faltou, tirou E na prova... Porque é impossível que esses alunos faltem desse jeito. Então, eu acho que é falta de unidade no corpo docente. Foi isso que aconteceu no ano. Também, chega quinta e sexta-feira, o professor está cansado... Então, tem aquele professor que trabalha assim: 'eu finjo que dou aula, vocês fingem que assistem e chega no fim do ano está tudo numa boa!'. Inclusive, nessa história de o aluno ter faltas: tem professor que força pra o aluno ter só 25% de faltas... Não põe as faltas que acontecem além desse limite..

David: Inclusive, [o professor] tem que recuperar essas faltas...

Graça: Tem que repor essas aulas; o aluno tem que assistir aula em outro período... Então, sabe, o curso noturno...

Otavio: Essa reposição seria agora em dezembro?

Graça: É, seria agora a compensação de ausências...

David: De 11 a 15 de dezembro seria a compensação...

Graça: Não! De 11 a 15 de dezembro é a recuperação com a compensação das ausências... Compensação de ausências pode ser feita no 2º bimestre, 3º bimestre ou 4º bimestre...O aluno que tem muita falta ele pode vir no decorrer do bimestre em período trocado ou oposto, assistir aula na mesma série... Aí chegou agosto e saiu uma portaria da Secretaria de Educação segundo a qual todos os professores devem dar 50% das HTPs, que são horas de preparação pedagógica e nas quais fizemos os estudos, deveria ser dedicada ao aluno, com recuperação do aluno e tal... Um esquema para que os alunos do noturno não estourassem o número de faltas e não precisassem faltar no trabalho para assistir às aulas no período da manhã. Coisa que acho teria de ser, entendeu!? Esse negócio de ficar disfarçando... A escola está sendo muito paternalista... Se o cara não vem à noite porque não quer, falta porque não quer vir, entendeu, por faltar, simplesmente, ele tem que ser sacrificado por outro lado, tem que faltar ao serviço, senão vai perder o ano letivo... Por que no serviço dele ele se dedica todo e pra escola nada? E a escola tem que atender a todas as necessidades do 'boneco', sendo que já é um curso noturno, com menos hora/aula por dia, menos disciplinas que o curso diurno... No entanto, ele sai com o diploma igualzinho ao aluno do diurno, com a mesma validade... Então, a escola, muito paternalista, resolveu que o professor é obrigado a atender, em suas 50% de horas de HTPs, o aluno! E mais, já resolveu que isso seria uma compensação de ausências, também... Eu não vi movimento de alunos aqui..., se acharam que compensou...

David: Não... Pra mim não, pra mim não adiantou nada. Inclusive, eu saí em uma hora do HTP que a gente fazia aqui nas duas horas semanais...

Graça: Então, o David fazia duas horas aqui e, com essa portaria da SEC, ele só pôde ficar uma hora aqui... Ele não ia sair de todo do grupo... Ele iria fazer uma hora com a gente e uma com os alunos...

David: Os alunos não vêm...

Otavio: E daí você anotou as faltas...

Graça: Continuam com as faltas! Não tirou as faltas do ano... A estrutura do curso noturno é furada...

David: Eu acho que é justamente isso. Se a gente leva a sério, faz um trabalho sério... Eu já senti, até, ameaças de aluno que não vem à escola e que está bem com todo mundo mas [estourado em faltas comigo]... Eu passo de 'carrasco'! E se o aluno ficar só comigo eu estou arriscado a ir pra SEC e a ser cobrado mais violentamente. Por que? Porque os outros fazem um jeitinho de ele ir bem. E eu que estou levando o negócio mais a sério... já me sinto prejudicado.

Graça: O problema do curso noturno está sério. O curso noturno precisa ser pensado, tem que reestruturar, porque não dá pra ser do jeito que é. A menos que o corpo docente seja, sabe, único..., todo mundo agir da mesma maneira, ter os mesmos critérios pra poder funcionar. Senão não dá...

David: Eu tenho uma turma do noturno que é uma nata, excelente, muito boa, aplicada, estuda, gosta, realmente, das minhas aulas. É o terceiro G... Mas é a única...

Otavio: Eles foram selecionados?

Graça: Não...

Otavio: Como é que se formou uma turma assim?

David: Não sei como é que foi formada uma turma assim....

Graça: Foi sorte...

David: Foi sorte... Porque os outros não tem condições... Tem um terceiro H que, infelizmente, é uma catástrofe, simplesmente é uma catástrofe. Não tem como, não tem como mesmo... É uma turma em que a maioria veio de fora... É um mínimo [de alunos] que é do colégio daqui... Vieram de fora e formou essa classe só de gente de fora... É uma turma terrível! A única em que consegui trabalhar bastante foi esse terceiro G. (...) Só para concluir.... Se a Sara não conseguiu colocar o **método** *a funcionar no noturno, quanto mais eu que me faltam algumas coisas pra me integrar. E, eu acho que à noite a gente fica muito distanciado do grupo... Fica meio sozinho...*

Graça: Só nas segundas-feiras mesmo, aqui em nossa reunião...

David: só aqui mesmo....

Otavio: Fala-me um pouco desse grupo aí das segundas...

David: Não, o grupo é bom... Acho que trouxe, assim, muitas coisas boas pra mim. Eu procurava um método diferente pra ensinar química... Acho que aqui eu encontrei! O que me falta é mais tempo pra me integrar... Eu acho que se estivesse só dando aula, acho que estaria bem integrado no grupo. Meu tempo era muito corrido...

Otavio: Você é professor há quantos anos?

David: Dez anos... A Graça sabe que às vezes chego meio dormindo... É corrida a minha vida! Mas se estivesse só dando aula...

Otavio: Como grupo de estudos...

David: Foi o primeiro... Eu vou levar essa idéia pro Paraná [quando voltar] do meu mestrado... O grupo foi muito bom. Acho que, apesar de ter faltado algumas horas, mas o que aprendi foi bastante... As fitas de vídeo, achei muito interessantes gravar uma aula de laboratório, filmar...

Graça: A gente tem a possibilidade de discutir mais, e elaborar o conteúdo de uma outra maneira, sabe, a gente troca idéias... Por exemplo, 'isso daqui o aluno não aprende assim..., 'eu já tive essa experiência...'. Agora, uma coisa que a Sara falou, que ela sentiu a sua falta, foi, assim, a seqüência do conteúdo... Como que os alunos do terceiro ano estavam em relação ao segundo... Se foi ensinado o suficiente, se os alunos tinham aprendido adequadamente, se ficou falho pra a gente poder corrigir no segundo ano... Isso daí ela conversou comigo, achou que você devia vir, ver os alunos do terceiro como é que estavam, após do que a gente trabalhou no ano passado, elaborou e tal... Agora, eu estava sempre vendo com a

Alda, o que os alunos... 'Alda, isso daqui, como é que eles estão? Aprenderam, não aprenderam, como é que estão?'... Pra poder corrigir as falhas no primeiro ano que estou trabalhando nesse ano... Então, eu fiz um acompanhamento semanal com a Alda...

Otavio: Quer dizer, era muito além das horas daqui, [das reuniões de estudo e pesquisa]...

Graça: É... Vai, vai... a gente leva mais tempo... Ela, por exemplo, começou a trabalhar a parte de ligação. Eles tinham aquela idéia do que a gente trabalha no primeiro ano, da ligação predominantemente iônica, covalente e a metálica quando a gente trabalhou os metais. E depois ela começou a trabalhar os modelos... Então, a gente ia vendo isso daí... O Gustavo está aqui e pode dar o testemunho dele como é que estavam os alunos...

David: Antes de o Gustavo falar, gostaria de levantar uma proposta para o ano que vem. Seria interessante, nesse grupo de estudos, a gente testar as experiências no laboratório, juntos discutir a prática, antes de a gente fazer para os alunos. Eu sinto que tenho muita insegurança na questão do laboratório. Porque a minha universidade não deu os subsídios, as condições profundas... Porque, sabe, a prática é prática... Algumas áreas foram fortes, mesmo nas práticas. Mas teve umas que deixou a desejar. Seria interessante vocês que têm um pouco mais de experiência testar juntos as experiências, discutir... A sugestão é fazer isso nessa hora de estudo.

Graça: É ótimo isso, a gente pode tentar para o ano que vem... Com o grupo anterior, a gente fazia isso, a gente tinha ido ao laboratório... Depois, pra vocês a gente passou as coordenadas: 'olha, faz assim...'. Pode ser falho da nossa parte, pode ter sido falho... Mas o que acontece, Maldaner, aqui duas horas é muito pouco. Se você fala, você não escreve, se você escreve..., sabe, ***fica meio comprometido só duas horas****, ainda mais que a partir de Agosto ele tinha uma hora só... Então ele chegava, ele preferia chegar 20 para as três até às três e meia... Então, quando ele chegava 20 para as três, a gente já tinha trabalhado algumas coisas. Então, realmente,* ***o professor/pesquisador****, do jeito que a gente está tentando trabalhar aqui,* ***a gente teria que ter mais tempo disponível*** *pra a gente poder desenvolver o nosso trabalho. Não essas duas horas apenas... Porque é assim, olha, eu não tenho tempo de analisar todas as provas, todos os alunos, entendeu, como nós fizemos no ano passado, fiz com você... A gente fazia porque ele pedia, ele cobrava: olha Graça, traz sua prova com análise, % de acertos e tal e não sei o que. Então eu trabalhava isso. Mas é o tipo da coisa que você leva um certo tempo. Então, a gente acabou não trabalhando isso durante o ano... E foi falho essa parte aí [de não fazer as práticas juntos no laboratório], de discutir... A gente não voltou, não fez tudo no laboratório. Mas a gente pode voltar e retomar isso.*

Agora, dá um desânimo muito grande porque o grupo vai andando e, de repente, você sente que some... Você sente que o negócio tem que começar de novo. Fica difícil! E o Estado, mais uma vez, não quer nos dar chance, de jeito nenhum...

Tirando essas duas horas obrigatórias, vai fazer quem quer. Se ele quiser ganhar mais duas horas de estudo, se ele quiser, faz. Mas quem não quer não faz. No meio de todas as disciplinas, é só a química que tem esse grupo de estudos aqui na escola. Nas outras [disciplinas] nenhum professor se reúne... O nosso [tempo] é pouco, mas esse pouco ainda é produtivo, vale a pena e se não tiver vai fazer falta. Porque nas outras disciplinas ninguém tem isso... As disciplinas da noite, cada qual faz do jeito que quer, de manhã tem professor que dá aula em alguns primeiros, outros nos segundos... Eu vejo isso na hora do provão: o conteúdo não está andando todo mundo junto... É difícil... O salário muito ruim e o pessoal acaba desanimando e cada um vai levando, vai levando o barco... Mesmo pra quem [o magistério] é a primeira e única opção, o salário é muito desestimulante.(...)Tudo isso é muito inseguro para o ano que vem... eu vou pegar jornada parcial, dar menos aulas, não vale a pena... Vou estudar, prestar um concurso, fazer outra coisa...

Otavio: Antes de passar para o Gustavo, deixa eu fazer mais uma pergunta: ***essa idéia que o diretor tinha de produzir as salas ambiente, como é que ficou isso?***

Graça: Não foi produzido isso... Nós começamos o ano sem muita condição de formar essas salas ambiente..., porque existiam muitas aulas não atribuídas, não tinha professor... Então, o professor faltando e as salas ambiente com a rotatividade dos alunos [em irem pra essas salas], a 'bagunça' ia ser maior dentro da escola... Quando a gente conseguiu completar o corpo docente, os alunos não quiseram, também. Nós fizemos votação, eles não quiseram, afinal, não funcionou. Para a química temos o laboratório e é onde a gente trabalhou bastante, principalmente, no primeiro ano, conseguimos os banquinhos... Está bem ajeitado. As outras disciplinas não, ficaram como estava... Só funcionou no período da tarde, a sala ambiente é de 5ª a 8ª séries...

Otavio: Os alunos disseram porque não queriam?

Graça: É porque eles não queriam ficar mudando de classe em classe, ficar carregando o material, chegar na hora do intervalo e não ter onde deixar o material... Foi comodidade, questão de comodidade... Fica difícil porque o corpo docente, também, não é unido... Em qualquer tipo de tarefa, o corpo docente tem que ser muito unido, todo mundo tem que falar a mesma língua. Os jovens, eles entendem como eles querem, o que convêm... Penso que todo mundo tem que bater na mesma tecla, repetir muitas vezes... Pra você ter uma idéia, no turno da manhã, nesse ano, trocamos 15 professores... 15! Sabe o que é isso?

Otavio: Mas trocaram por que?...

Graça: Porque saíram... Alguns pediram exoneração, outros pediram afastamento pela 202, outros porque sentiram a pressão do 3º Colegial e não se sentiram capazes e desistiram das aulas... Tem de tudo! Teve licença saúde, duas precisaram operar e tinha uma certa urgência e não dava pra esperar... Então, nós trocamos 15 professores..

Otavio: São quantos os professores de manhã?

Graça: Nós temos 14 salas de aula de colegial e temos uma média de 30 professores... Tem professor que não completa a jornada à noite e pega uma classe de manhã pra completar a jornada... Isto também é um problema porque esse professor vira uma 'ovelha desgarrada' no período da manhã. Ele tem jornada integral, vem um dia por semana, no máximo dois, fica meio fora do esquema da manhã. Todos os anos a gente procurou fazer, dentro da escola, uma escola única: período da manhã, da tarde, da noite. O turno da noite começou a entrar muito em atrito comigo... Atrito na maneira de conduzir o período... Chegou um momento em que eu disse: é tudo circular por período: é para o período da manhã vai fazer assim, é da noite, assim... Como se fossem três escolas dentro de uma mesma escola. E de manhã ainda tem o magistério, com outra coordenação, e outro esquema de trabalho. Agora, de manhã a gente conseguiu bastante coisa! Os alunos valorizaram, os professores se esforçaram ao máximo, trabalharam o conteúdo... Muito professor conseguiu vencer o conteúdo proposto! Mas a troca de professores é ruim de mais. Na Biologia do terceiro colegial, onde 80% dos alunos é ótima, uma turma de aluno que junto desde o primeiro ano, tem um esquema a seguir, tem outra cabeça, é gostoso trabalhar nessa série, troquei três professores de Biologia, três professores de Inglês, ao longo do ano...

Otavio: E você Gustavo, como é que se sentiu...

Gustavo: Esse grupo [de estudos] aqui foi caído do céu! Nunca havia dado aula, antes. Aliás, a primeira aula consegui dar depois do HTP... Conversei com a Graça, com a Sara... Você tem uma gama de conhecimento, às vezes, grande, mas você não sabe o que dar e como dar... A Sara me falou várias vezes, principalmente, sobre aquela parte de óxidos... Ela me disse: 'você bate bastante nessa tecla, os alunos costumam ter esse tipo de erro...'. Eu iria saber disso só após uma prova! Isso me ajudou bastante... Nunca tinha dado aula, vim aqui pra fazer um bico, acabei gostando e quero continuar dando aula...

Otavio: É bom ouvir isso...

Graça: É, o Gustavo gosta, os alunos, também, gostaram dele... Sabe, ele logo conseguiu se integrar...

Gustavo: Nas duas ou três primeiras semanas havia 'me perdido que nem cego em tiroteio'! Mas depois fui pegando o jeito...

Graça: Eu queria que você colocasse a diferença que você sentiu ao pegar aulas nessa escola aqui, onde você começou agora, e na outra escola em que você também pegou aulas, mais ou menos, na mesma época... Queria que você colocasse a diferença, se lá existe um grupo de trabalho...

Gustavo: Não, lá não há um grupo... Peguei aqui nesse último mês, praticamente. Mas lá não tem, não tem nada disso. O que acontece aqui, não acontece lá! Aqui é muito mais organizado, não tem comparação... Eu peguei uma situação meio caótica na outra escola. O professor tinha dado E D para todas as classes em que tinha dado aula durante os três bimestres... Tinha um ou outro aluno com C e B... Aí as

classes se reuniram, e os alunos conseguiram, junto à Diretoria, fazer com que ele deixasse as aulas...

Otavio: Ele era professor de química?

Gustavo: Não, ele era engenheiro químico... Pelo que entendi e pelo que os alunos me contavam, ele chegava na classe... Na primeira aula ficava só apagando a lousa... Na segunda enchia a lousa, apagava, enchia... terminava e ia embora...Não abria a boca, os alunos perguntavam só um problema, ele resolvia, os alunos perguntavam e ele dizia: 'vocês tem que saber isso'. Nunca explicava nada...

Otavio: Ele copiava de um livro pra lousa...

Gustavo: Ele apenas copiava [do livro] para a lousa... Aí tiraram ele e estava essa situação caótica!... A diretora falou: 'olha, você tem alunos bons, a maioria é de alunos bons..., continuam freqüentando até o final, não tem porque eles estarem com E e E em química e nas outras matérias estarem bem.'

Graça: O que você fez Gustavo? Teve que ser o Papai Noel...

Gustavo: É, eu tive que ser mais ou menos... Era impossível dar o conteúdo todo... Peguei o conteúdo do Estado, [conforme o programa do Estado] dei estequiometria, só dada pra dar cálculo estequiométrico..., primeira parte pró segundo ano. No primeiro ano deu a sorte, ele não explicava, mas ele punha no quadro e eles tinham a matéria, quase todo o conteúdo. Então, o que eu fiz? Fiz uma apostilinha, um resumo de tudo... Aí fui falando com eles, perguntando... e vi que eles estavam sabendo as coisas... O primeiro ano até deu pra avançar um pouco. Deu pra dar até ligação química...Agora, o segundo ano foi um caos... Tive que dar estequiometria em seis aulas, três semanas, somente... Então foi aquilo só pra falar que deu, dei uma lista com 20 exercícios pra fazer e entregar, ainda dei uma prova pra eles, com consulta... Quer dizer, fui um Papai Noel pra eles...

Otavio: Mas, como é o sistema? Aprovam pelo conceito do último bimestre?...

Gustavo: Não. É que no terceiro bimestre este professor não chegou a fechar as notas... Tinha dado as aulas, mas como ele não entregou as 'papeletas', a direção pediu que repetisse as notas do 4º bimestre... Mas o segundo ano passou sem saber nada... O primeiro ano vai passar mais ou menos, dá pra encarar o segundo... Mas o segundo ano foi perdido... Não tem nada... Dei uma 'pincelada' em estequiometria e foi só...

Otavio: Você conseguiu pegar a idéia do grupo aqui?... É uma forma muito diferente do tradicional...

Gustavo: É eu tive o ETECAP[44] e lá nem segue o [programa] tradicional como acontece em outras escolas... Então, eu não tinha idéia o que era... Cheguei aqui perdido... Não sabia o que dava em colegial normal... No ETECAP já é por disciplinas, as químicas são separadas... A gente chega a ter 4-5 químicas em um ano...

Graça: O que o Maldaner quer saber é se você pegou a idéia do grupo... que é a "transformação química" em torno da qual nós giramos tudo... Até no final do ano,

[44] Escola Técnica de Campinas

quando trabalhava ligação voltada, perguntava sobre as transformações químicas havidas...

Otavio: Mesmo quando participam gases nas reações, por exemplo, pensa-se no controle das quantidades envolvidas nas transformações químicas...

Graça: Quantidades, conservação de elementos e tudo isso...

Otavio: O que mais?... Eu sabia que você estava por aqui, Gustavo, acompanhava o grupo, embora não viesse aqui...

Graça: Nenhum dia nós falhamos...

Otavio: Isso é bonito! Você chegou a ver, também, fitas de vídeo?

Graça: Ele viu... Ele viu o final das minhas aulas, e a dos 'óxidos', com as aulas da Sara, ele viu inteira... Aliás, eu preciso te passar essas partes... Eu tenho por escrito o trabalho da Sara e da Ângela...

Otavio: Preciso disso... Tenho um compromisso de fazer alguma publicação conjunta com essas professoras... A questão é sentar e escrever isso!... A idéia é fazer os professores se preocuparem com a produção do conhecimento na escola! Fazer isso, é diferente da pesquisa que se faz nos laboratórios de química em institutos e universidades. A pesquisa do professor é aqui na escola, na sala de aula. Não queremos que a sala de aula continue sendo um simples 'repeteco'. Queremos que os professores produzam e que os alunos produzam seus conhecimentos tomando 'posse' da herança cultural da humanidade e não a repitam sem internalizá-la...

Graça: Mesmo porque a idade e a maturidade dos alunos é diferente...

Otavio: Aí é que os professores precisam pesquisar sua aula: o que é que os alunos já desenvolvem sozinhos e com a ajuda do professor. A idéia é, realmente, formar equipes de professores/pesquisadores. Mas você vê que os limites reais, os espaços, os tempos dos professores, os próprios alunos, as escolas, etc., tudo isso são obstáculos. É como se nos laboratórios de pesquisa da UNICAMP não funcionasse, ao mesmo tempo, o espectrômetro de massa, o infravermelho, não tivesse os reagentes, não tivesse orientador... Quer dizer, como é que vai fazer pesquisa em química sem estas condições? Mas, mesmo assim, nós temos de alertar as autoridades de que se não se fizer um investimento sério em educação..., esses obstáculos vão continuar! As coisas que vocês falam, as queixas que vocês fazem, as limitações que vocês apontam, etc., vão aparecer em nosso trabalho... O que a gente não quer, o que a gente vai condenar é um professor acomodado... no sentido de ele não se envolver, não procurar alternativas, se furtar ao compromisso com o grupo. Vocês identificam esse tipo de 'profissional', facilmente, em seu meio!...

David: Ainda são maioria esses professores...

Otavio: Mas aqui a gente conseguiu fazer com que houvesse grupo: o David se integrou, a Alda também estava indo bem, tinha muito boa vontade... Agora veio você, Gustavo, esteve aqui o Luís como estagiário... A gente teve sorte com as pessoas que vieram... O que a gente queria aqui foi conseguido... Isso pode ser creditado à ***liderança*** *da professora Graça, com um pé na direção e outro no grupo,*

soube entender a importância do estudo e da pesquisa em equipe e que soube dizer: 'não nos interessa voltar ao esquema tradicional!', bem como à ***disponibilidade*** *de Sara para discutir, testar idéias, abrir a sua sala de aula para que aí se desse a pesquisa... E no momento em que vocês aceitaram isso, os programas não permitem mais você dizer, ao professor novo que chega: 'o professor anterior parou na página 15... é só continuar!' Não é mais assim! Você tem que produzir cada ano, ver o que não funcionou... E isso é uma produção que vai ficar registrada na tese como uma idéia inicial, principalmente o programa do primeiro ano que está razoavelmente bem estruturado... Mas isto está pra ser feito no segundo ano a partir do momento em que este grupo se entusiasmar... São essas coisas que permitem romper com os esquemas tradicionais! Se tu não fizeres isso...*

Eu tenho uma idéia como é que se poderia fazer no turno da noite, lá onde vocês manifestaram muitas preocupações... No curso noturno é 'besteira falar em seqüência de conteúdos para a maioria dos alunos... ***No noturno o aluno vai ter de trabalhar por temas****... Temas como, por exemplo: química e a purificação da água. Terminou aquilo vai para um outro tema... Você concorda, David, é impossível manter uma seqüência tradicional de conteúdos... No noturno, se os alunos não vêm, temos de escolher um X número de temas curtos, que são possíveis de serem desenvolvidos em uma noite. Em vez de propor aulas separadas, organizar o horário para que se juntem as aulas de uma disciplina em uma noite só... Quer dizer, tem que mudar o esquema disto também... Não dá pra fazer nada em uma hora só... e nem se o aluno está ausente.*

Gustavo: Dá pra fazer, como é feito na universidades, por disciplina no mesmo turno...

Otavio: Mas mesmo assim teria que ser por tema... Essas coisas não estão feitas, precisam ser produzidas... Por quem? Por quem está na escola! Não adiante eu produzir isso pra vocês e por vocês... Tem que ser produzido pelos professores e por isso e para isso precisam de espaços, ter uma sala onde eles possam produzir e possam se reunir, ter acesso à bibliografias, revistas... São esses espaços que precisam ser inventados em nossas escolas! A nós professores cabe saber inventá-los e ocupá-los bem!

Gustavo: Você está falando em sala-ambiente... Eu não sei dar aula sem tabela periódica... Onde eu vou eu já a procuro.... Não seria interessante ter tudo isso, uma pia com canto pra fazer algum experimento...

Otavio: O laboratório não precisa existir como tal... A não ser para algum experimento especial... Mais das vezes pode levar o material para uma sala dessas... Isso tudo só pode ser feito se o professor estiver produzindo... A nossa idéia é essa, isto é, ***o professor de uma escola concreta vai produzir as suas aulas, o seu ensino****. Agora, você veja, precisa alguém que leve isso... eu vinha aqui, temos a Graça, a Sara... Aqui, penso, e vocês provaram isso, não precisa de uma outra pessoa... Assim eu acredito [na escola]! Do contrário vamos brincar de fazer qualquer coisa... Você vê, estamos fazendo, temos um monte de problemas,*

mas temos algum espaço, pelo menos... Eu tenho certeza de que vai ser muito mais difícil e vai exigir uma análise muito mais profunda pra poder apontar algo para que as coisas funcionem do que analisar superficialmente e apontar o que funcionou e não funcionou... Tem muita coisa pra analisar, tem muita produção coletiva... Quando você tiver mais tempo, Gustavo, quiser ler, as reuniões estão todas transcritas, estão aí disponíveis... A gente falou, por exemplo, em termoquímica... Ou sobre modelos... O que o grupo já produziu sobre isso? Como é que foi essa produção? Quais foram os problemas sentidos?... Há muita coisa interessante e que está disponível para os novos professores ou para reflexão no grupo...

Graça: É isso aí!... É uma pena, realmente, que a escola pública, em cada mudança de governo, [provoque] uma mudança dentro da escola. Já estou há 15 anos na escola pública e em cada mudança de governo é uma mudança na estrutura da SEC e da escola... Então, o trabalho que você faz, quando chega a hora de colher os frutos, muda tudo. As regras do jogo mudam e você não consegue colher!... No começo do ano se falou que ia acabar a escola padrão, não que se queira defender governo algum... se dizia que a escola padrão ia acabar porque não dera certo... É tudo assim: a Secretaria da Educação acha que não deu certo! Então, a gente conseguiu provar, [desenvolvendo um projeto interno à escola],que o desempenho dos nossos foi melhor que o desempenho dos outros alunos que vieram de fora... Nem sei se foi porque a escola era padrão, se o corpo docente é melhor ou pior, mas esse negócio de ficar falando que escola padrão não deu certo... Não está se medindo nada... como não deu certo?...

Otavio: Você acha que na Secretaria não foi feito nada disso...

Graça: Não!...Nada, nada, nada... Inclusive levamos essa pesquisa ao delegado de Ensino e agora estamos marcando uma entrevista... A secretária de educação disse que não pode nos receber! Estamos marcando uma entrevista com o assessor da Secretária... (...) Em cima disso, de não deu certo a proposta de escola padrão, a gente já está meio cansada, meio desgastada com tanta mudança... Porque na hora que um grupo começa a amadurecer e a produzir frutos, cai tudo por terra... Agora, no ano que vem, como é que vamos fazer esse trabalho se não temos mais o espaço? Eu senti que muitos professores, no início da escola padrão, e nesses 4 anos de experiência, [aumentaram] o interesse em fazer planejamento... O primeiro e segundo anos foram ótimos... Nós colhemos muita coisa boa... Mas, o que tem, também, é que o professor perdeu a vontade e o incentivo porque a cada ano o salário ficou mais achatado... O segundo motivo também foi a grande rotatividade de professores nas escolas. Perdi, assim, ótimos professores de matemática que eram ACTs e no lugar deles vieram professores efetivos.... Então, sabe, havia um trabalho que acabou caindo no vazio!... Em ciências, por exemplo, trabalhava um pessoal com o qual a gente conseguiu fazer um trabalho bem legal, mais de perto... Porque, sabe, em uma escola não é só eu trabalhar dentro da minha disciplina, eu tenho que ter o contato com todas as disciplinas pra se poder atingir um único objetivo dentro da escola. Não só o objetivo de desenvolver o meu conteúdo, ele o dele... Mas ter

um conteúdo global, que o aluno perceba o interesse de todos os professores por uma mesma meta, por um mesmo objetivo dentro da escola. E, agora, com a escola padrão acabando, acaba esse espaço e que passa a ser optativo...

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Toda a história anterior de trabalho realizado junto à formação de professores da área de ciências para o ensino médio e fundamental, deu-me a convicção de que as simplificações na abordagem dessa questão deveriam ser superadas. No decorrer da minha prática profissional de formador de professores, tanto na graduação quanto na formação em serviço, pude desenvolver algumas convicções que, sem dúvida, influenciaram a minha tese. Uma delas diz respeito à "formação ambiental" do professor ou à profunda influência que o contexto de formação escolar exerce em sua atuação profissional. Além de observar trabalhos de professores, analisar suas crenças e suas práticas, eles mesmos confessam, muitas vezes, que ministram as suas aulas de acordo com os modelos que 'captaram' de seus professores.

Há aqui dois processos diferentes segundo os quais os professores podem estar sendo influenciados em seu desempenho profissional. Um é a simples *reprodução* de modelos de ensino que tiveram em seus cursos de formação. Ela se dá de forma tácita, com base em crenças não refletidas e constituídas no ambiente sem que as posições do professor e do estudante tenham sido explicitadas. É um processo em que o professor domina toda a situação e a aula se desenvolve longe do diálogo e da participação ativa dos alunos. Em tal processo não há lugar para a reconstrução criativa do conhecimento e os alunos desenvolvem crenças tácitas do que seja conhecimento, ciência, ensino, aprendizagem, papel do professor, papel do aluno, aula, etc. Essas crenças comprometem muito a atuação profissional de nossos professores.

Diferente da reprodução é a *imitação*, um processo constitutivo de competências profissionais e de desenvolvimento intelectual. Schön (1987) diz que a imitação é um processo de construção seletivo, sempre presente na educação dos profissionais, sendo uma espécie de resolução de problema, uma reflexão na ação, uma investigação no ato na qual o imitador constrói e testa em sua própria ação. Vygotsky (1988) também aponta a imitação como um processo de reconstrução daquilo que o indivíduo vê nos outros. Ela acontece junto à zona de desenvolvimento proximal na qual, num processo interpessoal, como é o ensino que defendemos, na qual o professor em formação internaliza o processo e o reconstitui para si. São processos dialógicos nos quais se envolvem professores e alunos tendo em vista a reconstrução do conhecimento veiculado. O desenvolvimento dos atuais cursos de licenciatura de química, e outros, tendo em vista o descaso que há na formação dos

professores nas universidades, favorecem a reprodução, um processo que inibe o desenvolvimento profissional do professor.

Todo o processo de produção do presente trabalho teve como preocupação central o desenvolvimento intelectual dos professores inseridos em sua prática profissional. Em seu ambiente de trabalho, falando das coisas que faz, referindo-se às situações concretas do seu dia-a-dia em toda a sua complexidade, com falas sempre referenciadas ao contexto da prática, haveria maiores possibilidades de interação no grupo. De fato, houve a produção de novos conhecimentos profissionais – novo programa de ensino de química, nova organização dos conteúdos de química, novas funções para o processo de avaliação, novas crenças epistemológicas, etc. – que atestam a possibilidade de tal processo. Tentei, desta forma, superar a noção de formação continuada de professores, ainda muito em voga, segundo a qual se espera soluções produzidas por outros, fora do contexto da prática, e que os professores tentam repetir depois junto aos alunos. O entendimento produzido, não sem relutância de algum ou outro participante do grupo, foi o da auto-educação continuada de cada professor no processo, buscando gradativa autonomia profissional.

Partindo da hipótese de que a autoformação dar-se-ia na interação e no ato de apossar-se dos progressos teóricos já desenvolvidos na educação, procuramos desenvolvê-la coletivamente no processo. Tentando superar o *conhecimento na ação*, os professores, em atitude de reflexão e de pesquisa, começaram a estar mais atentos aos *retruques* da situação e em *conversação reflexiva com os materiais da situação*, seguindo Schön no entendimento do desenvolvimento profissional na prática. Ao falar da sua ação aos outros, descrever-lhes as características, refletir sobre novas possibilidades, negociando novos significados com base em modelos teóricos colocados à disposição do grupo, a autoformação torna-se possível no processo e, com isso, constituem-se novas capacidades profissionais, mais coerentes com as necessidades dos alunos.

Defendo a formação continuada como inerente ao exercício profissional de professor, de complexidade crescente. A idéia de professor/pesquisador, que cria/recria a sua profissão no contexto da prática e que procuramos desenvolver coletivamente, permite superar as formas tradicionais de "treinamento em serviço" cujos resultados satisfazem, apenas, a quem gosta de grandes números e dados estatísticos e precisa justificar a aplicação de verbas públicas ou de agências internacionais. O processo que desenvolvemos aqui não pretende ser universal e

precisa ser reinventado junto a cada novo grupo que se constitui, pois terá peculiaridades que não poderão ser reproduzidas.

Preocupa-me, no entanto, a factibilidade prática atual de implantação do processo junto a grupos de professores de uma escola ou de um núcleo de escolas. Ele terá de ser sempre mediado por pessoas com experiência e conhecimentos específicos e, ainda, com disponibilidades de tempo para fazê-lo, como são os processos de produção através da pesquisa no meio acadêmico ou outros institutos de pesquisa. Essas pessoas não estão facilmente disponíveis. É necessário que se formem os professores/pesquisadores em processo de interação, constituindo-se em massa crítica que permita a continuidade e a ampliação do processo desenvolvido. A maneira mais rápida pela qual o processo talvez possa ser sustentado é formar os novos professores já na perspectiva da pesquisa como prática profissional e 'trancar o funil' de colocar nas escolas professores aptos a apenas reiniciar o ciclo da *reprodução* das aulas que tiveram em sua formação inicial. Isto exige algumas rupturas importantes no meio universitário de difícil execução na prática.

A primeira ruptura é, sem dúvida, epistemológica! Os professores de química manifestaram em suas falas, e isto acontece de forma geral com os professores de ciências do ensino médio e fundamental, que acreditam em uma ciência embutida na natureza, independente de uma pessoa cognoscente. Acreditam que a produção da ciência é, tão somente, a explicitação das leis científicas e teorias já 'estocadas' na natureza ou escondidas atrás dos fenômenos. Cabe aos cientistas enunciá-las ou descobri-las com base na observação científica! Dificilmente encontramos um professor de química que fala de sua matéria como um sistema coerente de conceitos e concepções, 'criado' pela cultura humana para que o homem pudesse explicar de *uma* certa maneira as coisas e os fenômenos ao seu redor e agir de forma mais coerente sobre o seu meio e sobre a natureza.

Nós queremos pensar a química como uma realidade produzida pelo homem em processo intelectual e que o ensino dessa matéria permita o acesso a essa realidade histórica. Essa é a ruptura epistemológica fundamental que teria de acontecer!

No presente trabalho fortaleceu-se a minha percepção de que a mudança pedagógica exige compreensão sólida da natureza do conhecimento que se deseja constituir, pois os professores não abrem mão do que estão ensinando enquanto acreditarem que a ciência é um conjunto de verdades descobertas por cientistas e que saber química, por exemplo, é memorizar e saber repetir essas verdades ou parte delas. São crenças captadas na formação acadêmica e pouco, ou nunca,

problematizadas! Isto é um paradoxo, pois os seus professores, quando envolvidos em suas pesquisas de produção do conhecimento químico avançado ou sua reconstituição para novas situações, utilizam os instrumentos teóricos já produzidos como ferramentas de mediação de suas ações e não como aplicações de princípios como verdades definitivas. Se não fosse assim o conhecimento químico não seria constantemente recriado e reformulado, permitindo ao homem intervir com eficácia sempre maior na natureza, ampliando os limites dessa intervenção. Cabe aos docentes universitários de química também refletir sobre o que fazem na produção química e externar isso aos seus alunos da licenciatura. Assim é possível fazer a primeira ruptura sobre as crenças tácitas, sempre renovadas em um ambiente não reflexivo, do que seja a ciência química.

Há outras possibilidades nos cursos de formação de professores nas universidades naquilo que se refere à formação pedagógica e à formação profissional específica para o magistério. Descrevo, de forma rápida, dois espaços novos na formação dos professores de química e que poderiam ser implementados em qualquer curso:

1. **Criação de núcleos de pesquisa em educação química, em espaço interdisciplinar, dentro dos institutos de química ou dos departamentos**. A preocupação com educação, com ensino, deveria ser inerente ao processo de formação profissional em qualquer instituição formadora. Esquece-se, na maioria das vezes, essa dimensão educativa da universidade, uma instituição voltada para o ensino e a educação, além da pesquisa e da extensão. O professor universitário, profissional de sua área de saber, é também educador ou se constitui educador na formação de novos químicos e, principalmente, na formação de novos professores de química. O núcleo de pesquisa em educação poderia se constituir em espaço de formação específica dos docentes universitários ao trazer para mais próximo dos cursos os avanços pedagógicos produzidos e voltar-se, também, para o ensino praticado dentro do próprio curso de química além de se preocupar com o ensino de química que está acontecendo nas escolas. Participariam do núcleo especialistas nas ciências da educação química, professores universitários de química, alunos das licenciaturas. Como em outros projetos coletivos de pesquisa, os professores/pesquisadores dedicariam parte de seu tempo de trabalho na orientação de alunos de iniciação científica com projetos voltados, também, para problemas e potencialidades ligados ao ensino e à educação química.

2. **Criação de núcleos de pesquisa e estudos dentro das escolas**. Professores de escola seriam estimulados a se organizarem na forma de estudo e reflexão, como parte de atribuição de seu tempo de trabalho. Professores de química da universidade, especialistas em educação de forma geral e alunos da licenciatura participariam desses núcleos para que pudessem ser produzidos projetos coletivos de pesquisa voltados para os problemas de ensino e a formação profissional dos professores. Essa interação entre professores de escola, professores de universidade e alunos da graduação é benéfica para todos pois permite abordar problemas crônicos de ensino e, ainda, implementar a idéia da pesquisa como princípio educativo na prática, tanto na formação inicial quanto na formação continuada. Geraldi (1993) conseguiu implementar o mesmo princípio na prática por acreditar ser a pesquisa constitutiva na formação profissional dos educadores:

> **"a pesquisa deve compor a formação profissional de professores [e pedagogos], porque ela é constitutiva do seu trabalho. Nesse sentido, com todas as precariedades, este trabalho mostrou que todos os alunos matriculados em uma disciplina obrigatória foram capazes de produzir uma pesquisa exploratória inicial, com produção de saberes sobre *escola/aula/currículo*"** (Geraldi 1993 :399).

Procurei mostrar em meu trabalho que a pesquisa é constitutiva, também, do exercício profissional dos professores e que é possível desenvolvê-la na interação em grupo de professores e se constitui em nova alternativa de formação continuada. Como em outras modalidades de formação em serviço, os professores precisam receber apoios concretos próprios de um exercício profissional: alocação de tempo, nova organização de horários, organização de salas-ambiente, material de ensino, participação em congressos, assinatura de revistas e acesso a novas bibliografias, interação com outros pesquisadores educacionais, encontro com seus pares de outras escolas, etc. Mais do que suprir carências logo sentidas, a preocupação foi sempre o de buscar situações que pudessem proporcionar a fala de cada membro do grupo e através dela a manifestação de suas crenças e a formação de outras convicções, reconhecidas como sendo mais de acordo às teorias educacionais veiculadas no grupo. O sentido da pesquisa nunca foi o de captar as formas cristalizadas de concepção/ação das professoras, embora estas transpareçam na análise realizada, mas de permitir o desenvolvimento intelectual e profissional dos componentes do grupo. A produção coletiva é possível quando o foco de preocupação são os conhecimentos profissionais:

desenvolvimento de um programa de ensino, preparação das aulas, programação de trabalhos escolares, reflexão sobre o trabalho desenvolvido em aula e sua repercussão junto aos alunos, interação professor/alunos na constituição do conhecimento, função da escola na formação dos alunos, avaliação da aprendizagem, análise de aulas dadas pelos pares, superação das dicotomias de teoria/prática e escola/meio social, etc. Os professores têm muitos conhecimentos sobre esses temas que se manifestam, porém, como conhecimentos na ação, trazendo enorme carga de rotina na qual o professor não está mais atento aos 'retruques' de sua ação. Ele 'simplesmente sabe'! A reflexão sobre a ação e a reflexão na ação têm o potencial de tirar da rotina certos conhecimentos na ação e permitir a criação de novas soluções na prática, geralmente de grande relevância educativa para aquele grupo envolvido. Produzir soluções em um meio complexo, como a sala de aula, é inerente ao exercício do magistério, e ela pode acontecer na conversação reflexiva de professores e alunos com a situação.

As soluções que precisam ser produzidas em uma aula, no ensino médio, dizem respeito à aprendizagem significativa de uma determinada disciplina curricular, a química em nosso caso. Nesse tipo de aprendizagem são fundamentais as relações que os alunos começam a estabelecer entre os diversos itens do conteúdo e com as situações práticas. As situações de alta vivência dos alunos permitiram esses novos níveis de aprendizagem química. Em torno delas foram produzidas unidades de ensino e acompanhado o seu desenvolvimento em aula. A linguagem química – fórmulas químicas, equação química, símbolos químicos, nomenclatura química – mais do que objeto de estudos específicos foi sendo introduzida para permitir a formação do pensamento químico sobre as situações de vivência dos alunos. Criava-se, com isso, a possibilidade de os alunos pensarem a química para fora da escola como mediação de análise de seu meio. Esta era uma das intenções do novo programa produzido. Ao mesmo tempo, objetos teóricos da química, construídos historicamente, foram introduzidos no contexto da aula permitindo constituir o conhecimento químico inicial dos alunos, mesmo na forma escolar, e eles começaram a manifestar maior interesse pela química e níveis de aprendizagem significativa melhores, segundo foi observado nas aulas e de acordo com as avaliações das professoras.

A preocupação em produzir conhecimento profissional para as situações práticas direciona o foco de preocupação dos professores para as condições concretas da escola. Percebem limites intransponíveis nas complexas relações que se estabelecem no meio escolar. Vêem o complexo escolar, em sua concretude,

constituído fundamentalmente por três 'segmentos sociais' que parecem ter objetivos antagônicos: *professores* querendo dar conta de seus programas de ensino; *alunos* preocupados em passar de série sem se envolver com a aprendizagem escolar, sempre dispostos a irem bem nas avaliações; *sociedade próxima*, constituída principalmente por pais de alunos, que espera que a escola conceda o 'habilite-se' social a seus filhos, dando-lhes o acesso ao mercado de trabalho e uma possibilidade de vida melhor. Há um quarto segmento, representado pela direção da escola, que valida todo o processo pelos meios burocráticos de que se cerca, principalmente a normatização do processo avaliativo da escola. Eu afirmaria que não há nada mais explícito e regulamentado na escola do que o processo de avaliação. Ocorre toda uma 'celebração' em torno dela e que ninguém ousa transgredir! Parece ser o atestado da 'seriedade' de todo o processo escolar! Não importa, por exemplo, que o aluno, no final do ensino médio[1], sequer conheça a biblioteca da escola, os laboratório de ensino, tenha lido algum livro de literatura ou mantido contato com qualquer livro didático ou paradidático de qualquer matéria. Importa que tenha passado pelos "provões" bimestrais, mesmo que seja com base, apenas, nas anotações de aula ou na forma de fraude. Não é por nada que, para muitas pessoas já fora do sistema escolar, a lembrança mais forte da escola continue sendo a avaliação (Perrenoud, 1993).

Como intelectuais da educação, cabe aos professores colocar em fase o complexo escolar, ou seja, direcionar o processo de tal forma que a recriação cultural, artística e científica possa dar-se da melhor maneira. A avaliação passaria a ser um instrumento de acompanhamento e constante retomada do processo escolar não o fim em si mesmo como é percebida pela maioria dos atuais atores escolares. A elaboração de um *projeto pedagógico de escola*, com a participação dos professores, administradores escolares, alunos, pais e todo o entorno escolar, pode encaminhar essa questão mais ampla. Em grupos de estudo e pesquisa por componente curricular não se consegue mexer no complexo escolar como um todo, embora os problemas apontados por esses grupos, se bem canalizados, possam apontar a necessidade da elaboração/re-elaboração de um projeto escolar amplo e indicar prioridades que devem ser contempladas. Em várias oportunidades as professoras manifestaram essa necessidade de um projeto pedagógico para toda a escola como uma forma de ampliar os limites impostos ao seu trabalho no ensino de química. Medidas administrativas

[1] No final do ano de 1995 realizei entrevistas com 5 alunos de cada série nas quais acompanhara as aulas desenvolvidas pelas professoras. Houve casos de alunos do terceiro ano do curso noturno que não haviam freqüentado a biblioteca da escola da qual estavam saindo e nunca haviam entrado em uma sala de laboratório da escola.

relativas à organização dos horários, uso da biblioteca, novos recursos didáticos, salas-ambiente, processo de avaliação na escola, participação do corpo docente como um todo na motivação dos alunos pelo estudo, especificidade do curso noturno, são alguns temas indicados pelas professoras para serem discutidos na escola como um todo e contemplados em um projeto pedagógico de escola. Tudo isso deixaria o mundo da escola menos *colonizado* pelo sistema que a mantém.

A pesquisa mostra que o professor se envolve no processo e que, por ela, consegue produzir conhecimentos e saberes úteis, apesar dos limites externos impostos ao seu trabalho. É necessário, no entanto, que todo o processo seja mediado por instrumentos teóricos tornados acessíveis no decorrer da reflexão sobre a sua prática de professor. Por isso coloquei como condição inicial, para a implantação do processo, a participação de professores/pesquisadores educacionais com experiência concreta e refletida sobre os problemas da vivência dos professores de escola e, preferencialmente, sobre os problemas daquele componente curricular em estudo. A produção dos professores é intensa se o objeto da reflexão for sobre o específico do trabalho dele e dá-se, mais intensamente, na forma oral.

As falas iniciais na implantação do processo tendem a ser aquelas da vivência, isto é, com base no conhecimento na ação. A problematização da vivência e a mediação teórica introduzida no grupo permite que esse conhecimento se torne conhecimento profissional refletido e produzido coletivamente e que terá repercussão imediata na sala de aula. Houve momentos em que as professoras levantavam da reunião, digamos às 18h, preparavam a sua aula para às 19h com base nas discussões realizadas entre 16 e 18h! Isto mostra a disponibilidade e a permeabilidade dos professores para a mudança desde que o específico do trabalho deles seja atingido no estudo e na pesquisa.

O fator *tempo* na vida dos professores é um dos limites mais decisivos na implementação de um processo de formação continuada com base no desenvolvimento da prática de professor/pesquisador. Embora ressaltássemos sempre que a pesquisa e ensino constituem um conjugado no processo educativo, segundo o qual o ensino não pode funcionar sem base na pesquisa, as professoras encontravam dificuldades para conciliar os tempos que deveriam dedicar àquilo que é próprio da pesquisa: leituras de textos e reflexão teórica, levantamento e organização de dados junto aos alunos, análise da produção dos alunos, atendimento a dificuldades específicas de alunos nas próprias aulas, etc. A pesquisa sempre lhes parece ser algo a mais em sua carga de trabalho. É a própria organização escolar, sempre com base na

racionalidade técnica, que dificulta o tempo de produção coletiva dos professores ao não proporcionar espaços efetivos para encontros de professores, na concepção de horário e distribuição das aulas, na concepção de um componente curricular independente dos outros, na prevalência da burocracia sobre outras formas de organização da produção intelectual, na concepção e distribuição do espaço escolar, na avaliação como processo de controle de alunos e professores, etc. Isto tudo dificulta a organização do tempo de autoformação do professor em processo permanente. O professor é sempre impulsionado a atender à burocracia escolar mais do que às necessidades dos alunos e ao seu próprio desenvolvimento.

Há, por outro lado, uma distribuição de tempos na aula, sobre a qual decidiam as professoras, que não favorece em nada a aprendizagem dos alunos, concebida como organização do pensamento químico sobre as situações em estudo. Pude observar que as professoras mudaram as suas seqüências de ensino e mesmo suas crenças sobre o conhecimento químico e sua organização em unidades de ensino. Porém, a preocupação em dominar a situação as fazia adiar em demasia a introdução de instrumentos teóricos essenciais na organização desse pensamento pelos alunos. A aula era dialogada mas o diálogo se arrastava no estilo da redescoberta pelos alunos de instrumentos que eram de domínio apenas da professora. O tempo usado nessas 'conduções' metodológicas era demasiado! Uma simples referência ao instrumento teórico feita pela professora, mesmo com significado inicial restrito, poderia ser muito eficaz na aprendizagem do aluno. Exemplifica bem esse limite na condução do ensino o longo diálogo de Graça para que o aluno distinguisse o metal na forma normal e o metal em solução. A introdução do elétron, partícula negativa da matéria, teria resolvido o assunto em poucos minutos o que levou várias aulas para ser resolvido. Nesse sentido Graça manteve uma atitude tradicional em grande parte de sua aula pois produziu uma seqüência com base em perguntas dirigidas aos alunos na expectativa de 'saltar' deles alguma resposta que ela considerava ser a correta.

Em aulas das professoras Sara e Ângela pude observar outras situações que também revelam a continuidade de uma atitude tradicional em aula por parte das professoras. Embora tenham avançado epistemologicamente na concepção do conhecimento químico e sua organização na forma pedagógica, mantinham o controle da situação pela forma 'retalhada' com que descortinavam a situação sob análise e o conteúdo químico a ser introduzido. Os avanços eram tão lentos que os alunos nunca podiam vislumbrar qualquer totalidade em que pudessem ancorar os conceitos abordados em cada aula. Para cada 'retalho' apareciam exercícios que tinham pouco

significado naquele momento, manifestando uma preocupação em 'fixar' aqueles pedacinhos de conteúdo mais do que permitir a organização de um pensamento amplo sobre o assunto e que poderia ser detalhado depois.

A vivência pedagógica dos professores, naquilo que diz respeito ao uso do tempo na aula, parece ser ainda mais problemática do que a mudança epistemológica. Há aqui uma prática, a própria vivência das professoras, algo mais difícil de ser abalado do que uma crença tácita sobre a natureza da ciência e do conhecimento!

As professoras têm justificativas para as suas posturas pedagógicas. No caso de Graça houve a preocupação de permitir que os alunos falassem o que ela considerava correto para aquela situação. Tentando fugir do modelo 'transmissor' de conteúdos, lembrou-me dos velhos modelos de 'redescoberta científica', muito distantes do que estávamos procurando desenvolver. A nova postura pedagógica não estava consolidada. Foi possível chamar a atenção para isso no próprio processo e ela foi capaz de melhorar a sua interação com os alunos com base no que estava sendo produzido no grupo. Isto também aparece nas seqüências transcritas das aulas que ela produziu.

As aulas de Sara e Ângela foram acompanhadas em turmas do curso noturno e este tem peculiaridades que foram discutidas exaustivamente no grupo. Na avaliação realizada concluem que o programa produzido não pode ser desenvolvido da mesma forma que no turno diurno. O desenvolvimento de temas ligados à química, dentro de uma outra organização de horário, com uma ou duas disciplinas por noite, parece ser o mais indicado para o ensino noturno, conforme consenso produzido no grupo. As ausências dos alunos nesse turno não permitem uma seqüência de conteúdos. Cada noite de aula teria de produzir uma síntese suficiente em si. Novos grupos de professores/ pesquisadores teriam que produzir essa modalidade de ensino em cursos noturnos com as características daquela escola em que se deu o trabalho.

O estudo e a reflexão sobre as aulas dadas pelas professoras, após a produção das unidades de ensino no grupo, tanto pela observação das fitas de vídeo quanto pelas trasncrições feitas a partir das fitas de áudio, podem tornar-se recursos importantes na formação continuada de professores. Em nosso processo eles foram pouco explorados, principalmente no que diz respeito à postura metodológica das professoras em aula. Pelas falas das professoras, após assitirem aos vídeos, percebe-se maior preocupação com relação às reações dos alunos, dificuldades apresentadas por eles, possíveis pontos obscuros, mas há poucas observações sobre as interações que as professoras estabelecem com os seus alunos tendo em vista a constituição do

conhecimento. As fitas revelam, por exemplo, que as professoras falam durante o tempo todo, tornando-se uma aula cansativa conforme elas mesmas disseram ao assistirem às fitas, e ela é conduzida com base em perguntas em que a expectativa é de respostas diretas dos alunos, sem haver a problematização mais profunda sobre a situação da vivência em estudo. Não era sobre essa linguagem, falação do professor, que imaginamos mediar a constituição do conhecimento químico junto aos alunos. Queríamos que o professor 'negociasse' os primeiro significados químicos para os termos e conceitos que deveria introduzir na situação sob estudo. A problematização sobre uma situação de alta vivência seria a melhor forma para introduzir a linguagem química e, assim, constituir o conhecimento químico. Quando aconteceu a problematização, como no caso da provável presença do ferro na plaquinha de zinco, problematizado pela professora Graça, o conhecimento foi produzido na interação professora/alunos.

A execução na prática do que se discute e decide no grupo, como a condução da aula, é um problema crucial na formação continuada de professores na forma como estávamos desenvolvendo. "Dar aula" constitui-se em profundo *conhecimento na ação* das professoras, bastante consolidado pela experiência. Creio que o processo desenvolvido não tenha sido suficiente para torná-lo conhecimento refletido, capaz de provocar mudança na ação. Talvez fosse necessário que outros grupos de professores analisassem as mesmas fitas e começassem a apontar os problemas mais salientes nesse aspecto. Parece que no próprio grupo o olhar estava mais voltado para a seqüência do conteúdo de química, para a possibilidade de integrar a teoria/prática no ensino de química introduzindo a linguagem química como o organizador do pensamento. Nesse aspecto elas estavam sempre atentas e conseguiam fazer melhor a análise da aula. No aspecto metodológico a caminhada terá que ser mais longa para que as rupturas possam ser produzidas.

O acompanhamento das aulas das professoras e seu registro em fitas de áudio e vídeo, após a produção coletiva do programa e das unidades de ensino, apresenta mais potencialidades do que aquelas que pude explorar na presente pesquisa. Uma análise mais cuidadosa das aulas produzidas pelas professoras permitiria, por exemplo, apontar certas confusões que as professoras fazem, relativo às situações químicas abordadas em termos dos níveis fenomenológico, representacional e microscópico. Outras análises poderiam revelar problemas de conhecimento químico ou equívocos em sua elaboração e apresentação aos alunos. Ou, ainda, poderia ser analisado como as professoras se apossaram das novas teorias veiculadas no grupo e

como as utilizaram em situação prática. Como conseguiram usar a linguagem química na organização do pensamento químico dos alunos ou, até onde esta questão central na mudança do ensino de química foi bem explorado? Como e quando acontecem os recuos e retrocessos metodológicos e epistemológicos dos professores envolvidos no processo? Até quando a mediação por alguém externo ao grupo de professores da escola faz-se necessária? Quais são as formas de socialização das produções dos professores/ pesquisadores, e em quais fóruns isto deveria se dar?

Estas e muitas outras questões ainda abertas fazem-me pensar sobre a grande potencialidade que o processo de formação continuada, com base na formação do professor/pesquisador, tem para o avanço da pesquisa educacional dentro da escola e da sala de aula. Espero ter contribuído para a superação de visões simplistas no encaminhamento da importante questão para a melhoria educativa que é a formação dos professores, o que não é uma tarefa fácil. Órgãos administrativos ligados à educação, o meio universitário em geral, secretarias de educação, administrações públicas, etc., estimam poucos recursos para a formação do professor quando tratam da melhoria educacional. O presente trabalho mostrou que mesmo processos longos como este em que estivemos envolvidos, produzindo conjuntamente as melhorias que queríamos implantar, mostraram-se insuficientes, exigindo continuidade e novas mediações.

A metodologia de trabalho utilizada e desenvolvida para a produção da presente tese, envolvendo as professoras em seu contexto de trabalho e produção profissional, refletindo sobre suas turmas de alunos, suas aulas de química, sua matéria de ensino, seu programa de ensino, seu processo de avaliação, sua escola, etc., tudo mediado por instrumentos teóricos produzidos para a mudança da prática, mostrou-se de grande validade para o desenvolvimento de uma nova epistemologia e que Schön denomina a nova epistemologia da prática: o estudo de objetos complexos em toda a sua concretude. A pesquisa permitiu mudar muitas coisas relativas ao ensino de química na escola em que foi praticada. Neste sentido ela se constituiu uma pesquisa/ação, pesquisa com finalidade de mudar uma situação que julgamos não ser boa, como é o ensino/aprendizagem em química nas escolas. Portanto, a produção de conhecimento pedagógico e profissional através de um grupo de pesquisa na escola, pode mudar as práticas pedagógicas dos professores envolvidos e apontar mudanças necessárias na formação de novos professores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO, Ohara et alii. "Pesquisa Piloto sobre o Ensino de Química na Escola de 2º Grau". *Ciência e Cultura*, São Paulo, n. 28, p. 726, 1976.

AXT, R.; MOREIRA, M.A.; SILVEIRA, F.L. "Experimentação Seletiva e Associada à Teoria como Estratégia para Facilitar a Reformulação Conceitual em Física". Porto Alegre. Texto preparado para publicação, 1991.

BACHELARD, Gaston. *Epistemologia, trechos escolhidos.* De Dominique Lecourt, Zahar Editores, 1983.

BERMÚDEZ ROBLES, Roberto et al. *Diagnóstico sobre la Formación Inicial y Permanente del Profesorado de Ciencias y Matemática en los Países Iberoamericanos.* IBERCIMA, OEI, Madrid, 1994.

BORGES, R. M. R. *A Natureza do Conhecimento Científico e a Educação em Ciências.* Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 1991.

BOUFLEUER, José Pedro. *Pedagogia da Ação Comunicativa: uma Leitura de Habermas.* Ijuí, RS, Ed. Unijuí, 1997.

BRISCOE, Carol. "The Dynamic Interactions Among Beliefs, Role Metaphors, and Teaching Practices: A Case Study of Teacher Change" In: *Science Education.*V.75, n.2, pp.185-199, 1991.

BRUM, Argemiro Jacob. *Modernização da agricultura - Trigo e Soja.* Petrópolis, Vozes, 1988.

BUARQUE, Cristovam. *A Desordem do Progresso - o fim da era dos economistas e a construção do futuro.* Rio de Janeiro, RJ, Paz e Terra, 1990.

CARDOSO, Miriam Limoeiro. *Reflexões sobre ética e construção do conhecimento.* Texto distribuído como versão preliminar, 17ª Reunião Anual da Anped, Caxambu, MG. 1994.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de & GIL-PÉREZ, Daniel. *Formação de Professores de Ciências.* São Paulo, Cortez Editora, 1995.

CECCHINI, Marco. Introdução IN: *"Psicologia e Pedagogia, Bases Psicológicas da Aprendizagem e do Desenvolvimento"*, Luria, A.R.; Leontiev, A.N.; Vygotsky, L.S. e outros. São Paulo, Editora Moraes, 1991.

CENP. "Proposta Curricular para o Ensino de Química 2º Grau". São Paulo, Secretaria de Estado da Educação, 1988.

CHAGAS, Aécio Pereira. *Como se Faz Química - Uma reflexão sobre a química e a atividade do químico.*Campinas, Editora UNICAMP, 1989.

CHALMERS, A. F. *O que é Ciência afinal?.* São Paulo, Ed. Brasiliense, 1993.

CHALMERS, A.F. *A Fabricação da Ciência.* São Paulo, SP, Ed. UNESP, 1994 (trad.)

CHASSOT, Attico Inácio. *"Catalisando Transformações na Educação".* Ijuí, Editora UNIJUÍ, 1993

CHASSOT, Attico Inácio. *A Educação no Ensino da Química.* Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1990

CHASSOT, Attico, Inacio. *Para Quem é Útil o Nosso Ensino de Química?* Porto Alegre, Tese de Doutorado, UFRGS, 1994.

CUNHA, Maria Isabel da; FERNADES, Cleoni Maria Barbosa. Formação Continuada de Professores Universitários: "Uma Experiência na Perspectiva da Produção do Conhecimento". IN: *Educ. Bras.,* Brasília, V. 16 n. 32, pp189-213, 1994.

DAMACENO, B. P. & GUERREIRO, M. M. "Desenvolvimento neuro-psíquico: suas raízes biológicas e sociais". *Cadernos CEDES.* Campinas, SP, n.24, 1991.

DRIVER, R. & OLDHAM, V. "A Constructive Aproach to Curriculum Development in Science". *Studies in Science Education.* n. 13, p. 105-122, 1986.

DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. *"Constructing Scientific Knowledge in the Classroom",* Texto preparado para publicação, 1994.

DUIT, R. "On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education,* V. 75, n.6, p.649-672, 1991. IN MORTIMER (1994a :23-24). *education.* V.66, n. 12, p. 221-227, 1982

EZPELETA, J. & ROCKWELL, E. *Pesquisa Participante.* São Paulo, Cortez, 1989.

FENSTERSEIFER, Paulo Evaldo. *A Educação Física na Crise da Modernidade.* UNIJUÍ, Ijuí, RS, 1995.

FRANCHI, Eglê Pontes (org.). *A causa dos Professores.* Campinas: Papirus, 1995.

FRASER, Barry J. & TOBIN, Kenneth. "A study of Exemplary Science and Mathematics Teachers" IN: *Looking into Windows: Qualitative Research in Science Education.* Edited by Marsha Lakes Matyas, AAAS, 1989

FREITAG, Bárbara. *A Teoria Crítica, Ontem e Hoje.* São Paulo, Brasiliense, 2ª Ed., 1988.

FURIÓ MAS, C.J. "Tendencias Actuales en la Formación del Profesorado de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias,* V.12, n.2, pp.188-199, 1994.

GENTILI, Pablo. "Neoliberalismo e educação: manual do usuário" IN *Escoala S.A. quem ganha e quem perde no mercado educacional do neoliberalismo.* SILVA, Tomaz Tadeu da & GENTILI, Pablo. Brasília, CNTE, 1996.

GERALDI, Corinta Maria Grisolia. *A Produção do Ensino e Pesquisa na Educação - Estudo sobre o trabalho docente no Curso de Pedagogia. Campinas*, SP, FE/UNICAMP, Tese de Doutorado em Educação, 1993

GILLESPIE, R.J. "Química - Fato ou Ficção" - "Algumas Reflexões sobre o ensino de Química". Trechos do *Chemistry in Canadá,* Ontário, 1976.

GIORDAN, A. "Representaciones sobre la Utilización Didáctica de las Representaciones". IN *Enseñanza de las Ciencias.* Barcelona, V. 7, n. 1, 1989.

GLAZER, Nathan. *The Schools of the Minor Profissions.* Minerva, 1974, IN Schön, 1987.

GÓES, Maria Cecília. "A Natureza Social do Desenvolvimento Psicológico". IN *Pensamento e Linguagem - Estudos na Perspectiva da Psicologia Soviética.* (diversos autores) Campinas, Papirus, Cadernos Cedes, n.24, p. 17-24, 1991.

GÓMEZ, Angel Pérez. "O Pensamento Prático do Professor". IN *Os Professores e a sua Formação.* Nóvoa (org.). Lisboa, Dom Quixote, 1992.

GURGEL, Célia Margutti do Amaral. *Em Busca de Melhoria da Qualidade do Ensino de Ciências e Matemática: Ações e Revelações...* Campinas, FE, UNICAMP, Tese de Doutorado, 1995.

GUSTAFSON, Brenda F. & ROWELL, Patricia M. "Elementary Preservice Teachers: Constructing Conceptions about Learning, Teaching Science and the Nature of Science". IN *International Journal of Science Education.*V.17, n.5, pp.589-605, 1995.

HABERMAS, J. *O Discurso Filosófico sobre a Modernidade.* Lisboa, Dom Quixote, 1990, IN: O Pensamento e a Acção do Professor. José Augusto Pacheco, Porto Editora, Portugal, 1995.

HASHWEH, M.Z. "Toward an Explanation of Conceptual Change". *European Journal of Science Education.* V.8, n.3, p.229-249, 1986.

HATTON, NEVILLE and SMITH, DAVID. "Reflection in Teacher Education: Towards Definition and Implementation". IN *Teaching & Teacher Education,* Great Britain, V. 11 n. 3 p. 33-49, 1995.

HODSON, D. "Hacia un Enfoque más Crítico del Trabajo de Laboratorio" In: *Enseñanza de las Ciencias,* V 12, n.3, pp.299-313, 1994.

KNIJINIK, Gelsa. *Exclusão e Rsistência – Educação Matemática e Legitimidade Cultural.* Porto Alegre, Artes Médicas, 1996

KUHN, T.S. *A Estrutura das Revoluções Científicas.* 2ª Ed. São Paulo. Perspectiva, 1978

LADEIA, Carlos Rodrigues. *Uma Análise da Praxis nas Publicações Brasileiras sobre a Formação do Professor de 1ª à 4ª série.* Campinas, SP, FE UNICAMP, 1995.

LAKIN, Susanne & WELLINGTON, Jerry. "Who will teach the 'nature of science'?: techers' views of science and their implications for science education" IN *International Journal of Science Education.* V.16, n.2, pp. 175-190, 1994.

LAVE, J. *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life.* Cambridge, Cambridge University Press, 1988, citado por O'Loughlin, 1992.

LAWSON, A. E. "The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue". *Journal of Research in Science Teaching.* V.30, n. 10, p. 1213-4, 1993.

LÉVY-LEBLOND, Jean Marc. *La Ideologia de/en Física Contemporánea y otros ensayos críticos"* - Barcelona: Editorial Anagotawa, 1975 (trad. em Português, mimeo).

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. "Reações Químicas". *Química Nova na Escola.* São Paulo, n.2, p. 7-9. Nov. 1995.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. "Potencial de Redução e Eletronegatividade". IN *Química Nova na Escola.* São Paulo, n.4, p.21-23, 1996.

LÜDKE, MENGA. "A Pesquisa na Formação do Professor" IN *A Pesquisa em educação e as Transformações do Conhecimento.* FAZENDA, IVANI (org.). Campinas, Papirus, p.111-120, 1995.

LUFFIEGO, M., BASTIDA, M.F., RAMOS, F. Y SOTO, J. "Epistemología, Caos Y Enseñanza de las Ciencias". IN: *Enseñanza de las Ciencias.* V.12, n.1 p.89-96, 1994.

LURIA, LEONTIEV, VYGOTSKY e outros. *"Psicologia e Pedagogia - Bases Psicológicas da Aprendizagem e do Desenvolvimento"*, São Paulo, Editora Moraes, 1991.

LUTFI, Mansur. *Os Ferrados e os Cromados: produção social e apropriação privada do conhecimento químico.* Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1992.

MACHADO, Andréa Horta. *Equilíbrio Químico: Concepções e Distorções no Ensino e na Aprendizagem.* FE UNICAMP, Campinas, Dissertação de Mestrado, 1992.

MALDANER, Otavio Aloisio & PIEDADE, Maria do Carmo Tocci. "Repensando a Química" IN *Química Nova na Escola.* São Paulo, Divisão de Ensino de Química, SBQ, V.1, pp 15-19, 1995.

MALDANER, Otavio Aloisio. *Química I: Construção dos Conceitos Fundamentais.* Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1992.

MALDANER, Otavio Aloisio & ZAMBIAZI, Rui. *Química II: Consolidação de Conceitos Fundamentais.* Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1993.

MARCONDES, Maria Eunice R. et al. "Um teste para o levantamento da situação atual do nível de conhecimento químico no 2º Grau". *Ciência e Cultura.* São Paulo, n. 30, p.125, 1978.

MARQUES, Mario Osorio. *"Aprendizagem na Mediação social do aprendido e da docência".* Ijuí, Editora UNIJUÍ, 1995.

MARQUES, Mario Osorio. *A Formação do Profissional da Educação.* Ijuí, Editora UNIJUÍ, 1992

MARQUES, Mario Osorio. *Conhecimento e Educação.* Ijuí, RS, Ed. UNIJUÍ, 1988

MARQUES, Mario Osorio. *Conhecimento e Modernidade em Reconstrução.* Ijuí, Ed. Unijuí, 1993.

MARQUES, Mario Osorio. *Pedagogia: A Ciência do Educador.* Ijuí, RS, Ed. UNIJUÍ, 1990.

MARQUES, Mario Osorio. *Universidade Emergente - O Ensino Superior Brasileiro em Ijuí (RS), de 1957 a 1983.* Ijuí, Ed. UNIJUÍ, 1984.

MATTHEWS, M.R. "Historia, Filosofía Y Enseñanza de las Ciencias: La Aproximación Actual." IN *Enseñanza de las Ciencias.* V.12, n.2, pp 255-277, 1994b.

MATTHEWS, M.R. "Vino Viejo en Botellas Nuevas: Un Problema con la Epistemología Constructivista. IN, *Enseñanza de las Ciencias,* V 12, n.1, pp.79-88, 1994a.

McDERMOTT, Lilian C. "A Perspective on Teacher Preparation in Physics and other Sciences: The Need for Special Science Courses for Teachers". In *American Journal of Physics.* V.58, n.8, pp.734-742, 1990.

MILLAR, Robin. "Constructive Criticisms". *International Journal of Science Education,* V. 11, n. 5 p.587-696, 1989.

MOREIRA, Antônio Flávio. "O currículo como Política Cultural e a Formação Docente" IN: SILVA, T.T. Da e MOREIRA, A.F. *"Territórios Contestados"*, Petrópolis, RJ, Vozes, pp. 7-22 , 1995.

MOREIRA, Marco Antônio. "O Professor-Pesquisador como Instrumento de Melhoria do Ensino de Ciências". IN *Tópicos em Ensino de Ciências.* Moreira, M.A. e AXT, R. Porto Alegre, Ed. Sagra, 1991

MORTIMER, Eduardo Fleury. "Conceptual Change or Conceptual Profile Change?". *Science & Education* V.4, n.3, p.267-85, 1995.

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Evolução do Atomismo em Sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais.* FE, USP, Tese de Doutorado em Educação, 1994.

NAKHLEH, Mary B. "Why Some Students Don't Learn Chemistry - Chemical Misconceptions". IN *Journal of Chemical Education.* V.69, n.3, pp191-196, 1992.

NÍAZ, M. "Más allá del Positivismo: Una Interpretación Lakatosiana de la Enseñanza de Las Ciencias". IN *Enseñanza de las Ciencias,* V. 12, n.1, pp 97-100, 1994.

NÓVOA, António & POPKEWITZ, Thomas S. (org.) "Reformas Educativas e Formação de Professores". Lisboa, Educa, 1992 .

NÓVOA, António. "Formação de Professores e Profissão Docente". IN *Os Professores e sua Formação.* Nóvoa, António. Coord., Lisboa, Dom Quixote, 1992b.

NÓVOA, António. "O Passado e o Presente dos Professores". IN *Profissão Professor.* Nóvoa (org.). Porto, Porto Editora, Col. Ciências da Educação, 1991a.

NÓVOA, António. "Para o Estudo Sócio-histórico da Gênese e Desenvolvimento da Profissão Docente". IN: *Teoria & Educação.* Porto Alegre, RS, Pannonica Editora Ltda. n.4, p. 109-139, 1991b.

NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. "Alternative Frameworks, Conceptual Conflictand Accommodation". *Instructional Science.* n. 11, p.183-208, 1982.

O'LOUGHLIN, Michael. "Rethinking Science Education: Beyond Piagetian Constructivism Toward a Scociocultural Model of Teaching and Learning". *Journal of Research in Science Teaching.* V. 29, n. 8, p. 791-820, 1992.

OLIVEIRA, R. J. DE. *Análise Epistemológica da Visão de Ciência dos Professores de Química e Física do Município do Rio de Janeiro.* Mímeo, Rio de Janeiro, 1990.

OLIVEIRA, R. J. DE. *Ensino: o elo mais fraco da cadeia científica.* Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, Instituto de Estudos Avançados em Educação, Fund. Getúlio Vargas, 1990.

OSBORNE, R .& FRYBERG, P. "*Learning in Science: the Implications of Childrens Science.* London, 1985.

PARENTE, Letícia, T.S. *Bachelard e a Química - No Ensino e na Pesquisa.* Fortaleza, CE. EUFC, 1990.

PÉREZ, Miguel Fernández. "La Profesionalizacion del Docente". Madrid, Editorial Escuela Española, 1988.

PERRENOUD, Philippe. "Não mexam na minha Avaliação! Para uma Abordagem Sistémica da Mudança Pedagógica" IN *Avaliações em Educação: Novas Perspectivas.* Nóvoa & Estrela (org.), Porto, Portugal, Porto Editora LDA, 1993.

PERRENOUD, Philippe. *Práticas Pedagógicas Profissão Docente e Formação.* Lisboa, Temas de Educação n.3, 1993.

PFUNDT, H. & DUIT, R. Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education, 3ª editição, IPN, Kiel, 1991.

PINTO, José Marcelino de Rezende. ***Administração e Liberdade:*** *Um estudo do Conselho de Escola à luz da teoria da ação comunicativa de Jürgen Habermas.* Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 1996.

POPE, M. L. & SCOTT, E. M. "La epistemologia y la practica de los professores" IN: *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias.* Porlán, R., Garcia, E., e Cañal, P. (compoladores), Sevilla, Diada, p. 179-191, 1988.

POPKEWITZ, Thomas S. "Profissionalização e Formação de Professores: Algumas notas sobre a sua História, Ideologia e Potencial". IN *Os Professores e sua Formação.* Nóvoa, António, Coord. Lisboa, Dom Quixote, 1992.

PORLÁN, Rafael. "El Pensamiento Cientifico y Pedagogico de Maestros En Formacion" IN *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias,* Porlán, R; García, J.E; Cañal, P. (organizdores), Sevilla, Díada, p 193-203, 1988.

POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P. and GERTZOG, W. "Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change". *Science*

POZO, J. A.; SANZ, A.; GÓMEZ CRESPO, M. A. Y LIMÓN, M. "Las Ideas de los Alumnos sobre la Ciencia: Una Interpretación desde la Psicología Cognitiva". *Enseñanza de las Ciencias,* V. 9, n. 1, p. 83-94, 1991.

PRAIA, J & CACHAPUZ, F. *"Un análisis de las Concepciones acerca de la Naturaleza del Conocimiento Cientifico de los Profesores Portugueses de la Enseñanza Secundária".* Projeto PCED 38/91, Instituto de Inovação Educacional, Aveiro, mimeo, 1993

RATNER, Carl. *A Psicologia Sócio-Histórica de Vygotsky - Aplicações Contemporâneas.* Porto Alegre, RS, Artes Médicas, 1995.

ROCHA-FILHO, Romeu C. *Grandezas e Unidades de Medida - O Sistema Internacional de Unidades.* São Paulo, SP, Ed. Ática, 1988.

ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. "O Papel Mediador do Professor no Processo de Ensino-aprendizagem do Conceito Átomo". IN *Química Nova na Escola.* São Paulo, SP, n. 3, pp 27-31, 1996.

ROUANET, Sérgio Paulo. *As razões do Iluminismo.* São Paulo, Companhia das Letras, 1987.

RUGGIERI, R.; TARSITANI, C.; VICENTINI, M. "The images of Science of Teachers in Latin Countries". IN: *International Journal of Science Education,* V 15, n. 4 p 383-393, 1993.

SANTOS, Eduarda Moniz dos & PRAIA, João Félix. *Percurso de Mudança na Didáctica das Ciências. Sua Fundamentação Epistemológica.* Aveiro, Portugal. Projecto MUTARE, n. 1, p7-34, 1992

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. *O Ensino de Química para Formar o Cidadão: principais características e condições para a sua implantação na escola secundária brasileira.* Dissertação de Mestrado, Campinas, FE, 1992.

SAUER, Irineu. *O Modelo Quântico de Átomo em Vestibulares do RGS.* IjuÍ RS. Monografia (Especialização em Química), apresentado no 8º EDEQ, 1988.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco & ARAGÃO, Rosália Maria R. "Importância, Sentido e Contribuições de Pesquisas para o Ensino de Química". In *Química Nova na Escola.* São Paulo, n. 1, pp.27-31, 1995.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. "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" IN: *Cadernos Anped.* Belo Horizonte, Conferência na 16ª Reunião Anual, n.6, p 55-89, 1994.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. "Um Estudo sobre o Tratamento do Conhecimento Químico em Livros Didáticos Brasileiros Dirigidos ao Ensino secundário". In: *Química Nova.* São Paulo, V. 4, n. 1, pp.6-15, 1981.

SCHÖN, D. A. *The Reflective Practitioner.* New York. Basic Books, 1983

SCHÖN, D.A. *Educating the Reflective Practitioner.* San Francisco, Jossey-Bass, 1987.

SCHÖN, Donald A. "Formar Professores como Profissionais Reflexivos". IN *Os Professores e a sua Formação.* Nóvoa (org.). Lisboa, Dom Quixote, 1992.

SMAGORINSKY, Peter. "The Social Construction of Data: Methodological Problems of Investigating Learning in the Zone of Proximal Development". *Review of Educational Research,* V. 65, n. 3, p. 191-212, 1995.

SMOLKA, Ana Luiza B. "A Prática Discursiva na Sala de Aula: uma Perspectiva Teórica e um Esboço de Análise" IN *Cadernos Cedes.* Campinas, n. 24, pp51-65, Papirus, 1991.

SOLOMON, Joan; DUVEEN, Jon; SCOTT, Linda. "Pupils'Images of Scientific Epistemology" IN *International Journal of Science Education.* V.16, n.3, pp.361-373, 1994.

SOUZA SANTOS, Boaventura de. "Um Discurso sobre as Ciências na Transição para uma Ciência Pós-moderna". IN: *Revista de Estudos Avançados.* São Paulo, USP, Maio/Agosto, 1988.

SOUZA SANTOS, Boaventura de. *Introdução a uma Ciência Pós-Moderna.*Rio de Janeiro, RJ. Graal. 1989.

SOUZA, Aparecida Neri de. *Sou Professor, sim Senhor!* Campinas, Papirus, 1996.

SOUZA, S. J. & KRAMER, S. "O Debate Piaget/Vygotsky e as Políticas Educacionais". *Cadernos de Pesquisa*. São Paulo, n.77, p. 69-80, 1991.

THIELE, R. B. & TREAGUST, D. F. "Analogies in Chemistry Textbooks". *International Journal of Science Education.* V. 17, n. 6, p. 783-795, 1995.

TOBIN, K. "Teachers as Researchers: Expanding the Knowledge Base of Teaching and Learning". IN *Looking into Windows: Qualitative Research in Science Education.* EUA, AAAS, p. 1-13, 1989.

TULVISTE, P. *The Cultural-historical Development of Verbal Thinking.* Commack, NY, Nova Science Publishers, 1991, citado por Smagorinsky, 1995.

VALLI, L. *Reflective teacher education: Cases and critiques.* Albany: state University of New York Press, 1992. IN HATTON e SMITH, 1995.

VILLAS BOAS, Benigna Maria de Freitas. *As Práticas Avaliativas e a Organização do Trabalho Pedagógico.* FE, UNICAMP, Campinas SP, Tese de Doutorado,1993.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. *"A Formação Social da Mente"*. São Paulo, Martins Fontes, 2ª Edição brasileira, 1988.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. *"Pensamento e Linguagem"*. São Paulo. Martins Fontes, 1ª Edição brasileira, 1987.

WEBER, Silke. *O Professorado e o Papel da Educação na Sociedade.* Campinas, Papirus, 1996.

WERTSCH, JAMES V. *Vygotsky y la Formación Social de la Mente.* Ediciones Paidós, Espanha, 1988.

ZEICHNER, Kenneth M. "El Maestro como Profesional Reflexivo" IN *Cuadernos de Pedagogía.* Valencia, Espanha, n.220, pp 44,9, 1993.

ZEICHNER, Kenneth M. *A Formação Reflexiva de Professores: Ideias e Práticas.* Lisboa, Portugal, EDUCA, 1993a.