

Epistemologia, experimentação e história da ciência em uma proposta de ensinar química no ensino médio

Rodrigo M. Liegel¹ (FM)*, Ana Luiza P. Nery² (FM) e Nelson O. Beltran³ (FM)

*rmliegel@uol.com.br

¹Colégio Santa Cruz (Av. Arruda Botelho, 353 Alto de Pinheiros, 05466-000 - São Paulo – SP), Colégio Móbile (R. Diogo Jácome, 848, Moema, 04512-001 - São Paulo – SP); ²Escola Vera Cruz (R. Baumann, 73 Vila Leopoldina, 05318 000 - São Paulo – SP); ³Escola Nossa Sra. Das Graças (Rua Tabapuã, 303 Itaim Bibi, 04533-010– São Paulo-SP)

Palavras Chave: epistemologia e história da ciência.

Introdução

Nos últimos anos, diversos grupos de pesquisa no ensino de química têm se dedicado ao desenvolvimento e à reflexão sobre metodologias e abordagens inovadoras, colaborando para uma reformulação na maneira do pensar e da prática do ensinar química para o Ensino Médio.¹ Tais reflexões incluem: a elaboração de currículos, a sugestão de encaminhamentos pedagógicos, a utilização de recursos didáticos, o papel do livro didático, a discussão sobre o papel do professor, a participação do aluno e a elaboração de materiais didáticos.

Como resultado temos uma série de publicações de significativa importância, entre elas os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN*), artigos publicados nas revistas Química Nova (seção Educação), Química Nova na Escola e Investigações em Ensino de Ciências. Destacam-se ainda livros didáticos “não tradicionais”, elaborados por grupos de pesquisas distintos:

“PROQUIM – Projeto de Ensino de Química (UNICAMP 1982)”, coordenado pela Prof. Dr. Roseli Pacheco Schnetzler;²

“Interações e Transformações” (GEPEQ IQ – USP), coordenado pelo Prof. Dr. Luiz Roberto de Moraes Pitombo;³

“Química para o Ensino Médio” (Mortimer & Machado – UFMG), coordenado pelo Prof. Dr. Eduardo F. Mortimer;⁴

“Produção de Experiências simples e de textos para o ensino de conceitos de química” (UFSCAR), coordenado pelo Prof. Dr. Romeu Cardoso Rocha Filho;⁵

“Ação integrada para a melhoria do ensino de Ciências e Matemática”. (UNIJUÍ), coordenado pelo Prof. Dr. Otávio Aloísio Maldaner.⁶

Em comum, esses trabalhos propõem uma ruptura com a metodologia tradicional de ensinar química no ensino médio, ainda bastante presente nos materiais didáticos de maior tiragem no mercado editorial. Um ensino geralmente pautado em definições,

classificações e fórmulas, em detrimento da construção do pensamento científico.

Apesar de uma roupagem moderna, buscando apresentar exemplos de aplicação do conhecimento químico em fenômenos e procedimentos do cotidiano, ao analisar os livros didáticos a partir da década de 30, Mortimer⁷ ressalta a dificuldade dos autores em romper com certas tradições, mantendo uma estrutura básica que se altera fundamentalmente apenas no que se refere à forma de apresentação e à posição dos temas tratados no ensino médio.

De uma maneira geral, os materiais didáticos tradicionais são fortemente marcados por perspectivas empiristas/indutivistas, concebendo o método científico como um conjunto de regras fixas para encontrar a “verdade”, e uma imagem estereotipada de cientista como gênio isolado que descobre teorias, omitindo o papel da comunidade científica em sua construção e validação. Raramente se parte de problemas sociais e tecnológicos para introduzir leis e teorias. Os modelos teóricos são, via de regra, apresentados como prontos ou acabados, sem que o aluno tenha condições de entender os processos e as elaborações que levaram às suas construções e as limitações de tais modelos.

O conhecimento científico, apresentado como um produto pronto sem a possibilidade de questionamentos, e a ênfase em certas estratégias didáticas ritualísticas,⁸ baseadas majoritariamente em aprendizagem mecânica acabam fomentando a atitude passiva dos alunos, e, conseqüentemente, comprometendo sua formação crítica.

Com isso, a química fica cada vez mais distante da aplicação em problemas reais que envolvem a sociedade, como o desenvolvimento de novos materiais, o controle da poluição, o tratamento do lixo e esgoto, a formulação de medicamentos, a compreensão dos processos metabólicos, entre outros.

Por outro lado, quando nos referimos aos professores, principais agentes do processo ensino-aprendizagem, a literatura relata que normalmente ingressam nos cursos de formação e capacitação

com concepções, crenças e atitudes construídas ao longo de sua inserção no contexto escolar enquanto aluno e fruto de sua história de vida pessoal.⁹ Essa observação é válida tanto para o conteúdo do curso (conhecimentos e habilidades) quanto para a natureza e o propósito da aprendizagem, do ensino e dos papéis apropriados para professores e alunos. Em muitos casos, o recém professor utiliza teorias e práticas, baseadas em suas crenças pessoais, como estratégia de resolução, ignorando referenciais teóricos.¹⁰ Ora, o desenvolvimento de teorias práticas baseadas na experimentação, sem fundamentação teórica, é similar às concepções ingênuas e alternativas da ciência. Feldman¹¹ usa o modelo da mudança conceitual¹² como uma metáfora para racionalizar a forma como os professores podem mudar suas teorias práticas ao longo da carreira, sugerindo condições necessárias à mudança conceitual prática, entre elas, a insatisfação com a prática adotada e o fato da nova prática fazer sentido e lhe trazer benefícios.

Segundo Maldaner,¹³ a formação continuada deve ser encarada como uma atividade voluntária, informal, centrada na interação entre colegas e nos problemas de sua prática. Trata-se de um processo de contínua aprendizagem, onde os professores se tornam pesquisadores em sua própria prática, um profissional que reflete sobre suas ações, engajando-se em um ciclo de reflexões, denominado espiral auto-reflexiva.¹⁴ Contudo, na prática, em muitos casos, o papel docente se aproxima muito do modelo da racionalidade técnica, muito presente em cursos de reciclagem ou de capacitação de curta duração, o qual concebe o professor como técnico por assumir sua atividade como essencialmente instrumental, posto que a ele cabe simplesmente testar um novo material didático.¹⁵ Como consequência, muitos convivem com o conflito entre um discurso que prega a ruptura com o sistema tradicional de ensino e a manutenção da prática pedagógica com a qual estão acostumados.¹⁶

Neste trabalho apresentamos uma nova proposta metodológica e conceitual, presente em uma coleção didática de Química, destinada ao ensino médio, desenvolvida para a Rede Salesiana de Ensino (RSE) e escolas associadas. Apresentamos também as primeiras reações de professores que estão adotando o material, percebidas durante encontros efetuados para a divulgação da proposta.

Proposta Pedagógica e Metodológica

O material didático de Química desenvolvido para a RSE é composto por três volumes, um para cada série do ensino médio. A produção dos livros se iniciou 2003, sendo que o volume 1 foi aplicado pela primeira vez em 2005 (figura 1), enquanto que o 2 passou a ser utilizado a partir de 2006. O volume 3 está em fase de edição, sendo prevista a sua implementação no ano letivo de 2007.

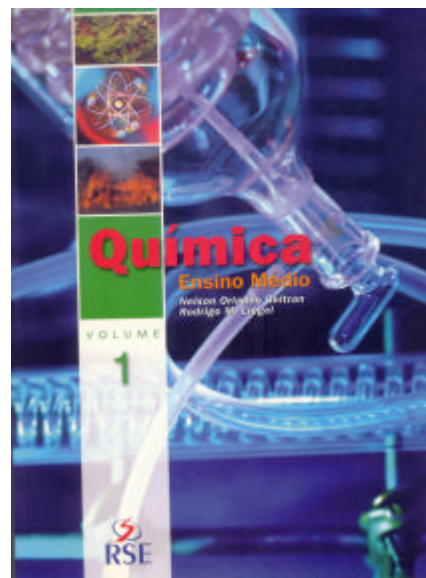


Figura 1. Material didático desenvolvido para a Rede Salesiana de Ensino (RSE). Capa do volume 1.

Os três volumes de Química compõem um projeto pedagógico maior da RSE, o qual incluem a idealização, preparação e confecção da grade curricular, os conteúdos abordados, a concepção de ensino e do material didático de todo ensino fundamental e médio nas disciplinas obrigatórias.

A proposta prevê que a integração entre as disciplinas e as áreas se faça pelas concepções e pressupostos teórico-metodológicos comuns e por meio do desenvolvimento de habilidades escolares que alicerçam a construção do conhecimento.

Essas habilidades comuns devem ser exploradas e desenvolvidas em todas as etapas do ciclo educacional, por todas as disciplinas, respeitando-se e explorando as suas especificidades técnicas.

São estas:

- Leitura e interpretação de diferentes linguagens: textos narrativos, poéticos, informativos; mapas, fotos, gravuras, documentos de época, desenhos, gráficos, esquemas e tabelas, entre outros.
- Escrita: produção de texto em diversas linguagens; organização e registro de informações.
- Expressão oral: exposição de idéias com clareza, argumentação coerente; análise de argumentação de outras pessoas.
- Análise e interpretação de fatos e idéias: coleta e organização de informações; estabelecimento de relações; formulação de perguntas e hipóteses.
- Mobilização de informações, conceitos e procedimentos em situações diversas.

A partir desses objetivos, desenvolveu-se o material didático para a disciplina química no ensino médio. A concepção de ciência e de ensino de química, os quais a proposta pedagógica e a abordagem conceitual se baseiam são resumidos a seguir.

Concepção de Ciência e de ensino

A química estuda as substâncias, suas propriedades e suas transformações ou reações químicas. Esse

enfoque já é bastante abrangente, afinal, tudo que ocupa lugar no espaço e tem massa, isto é, toda a matéria conhecida aqui na Terra é formada por uma ou mais substâncias. A química estuda também as estruturas destas substâncias.

E como a química faz isso? Ora a química é uma ciência, portanto uma sistematização de conhecimentos, feita pelo homem, que segue procedimentos científicos. Esse conceito de ciência apareceu durante o Renascimento, na Europa, e se concretizou na Química no final do século XVIII.

A química é também uma ciência experimental, ou seja, a construção do conhecimento se baseia na observação de fenômenos, de fatos experimentais, de medidas. Os fenômenos observados são aqueles que ocorrem com os materiais, suas propriedades e transformações e para melhor entender esses fenômenos é necessário conhecer bem as condições em que eles se manifestaram, daí o uso de laboratório.

Mas apenas um acúmulo de fatos não é Ciência, como disse Henri Poincaré, filósofo, matemático e físico (1854-1912)

Faz-se ciência com fatos, como uma casa com pedras; porém, uma acumulação de fatos não é Ciência, exatamente como um montão de pedras não é uma casa.

O químico, para entender melhor os fenômenos que estuda, procura sistematizar as informações e propor teorias e modelos que consigam explicar as suas observações. Desse modo, essas teorias permitem não só o entendimento de uma realidade física, mas também a predição de novos fenômenos e fatos, os quais podem ser verificados experimentalmente. Assim, aprende-se não só o que já foi observado, mas expande-se esse conhecimento para outras situações, permitindo uma aceleração das novas descobertas.

Muitas vezes fatos e observações experimentais contradizem uma teoria ou modelo, neste caso, busca-se reformular o modelo ou a teoria, aperfeiçoando o antigo, ou propondo uma nova teoria, inteiramente diferente. Nota-se, assim, o caráter dinâmico da ciência, pois o conhecimento não pode ser considerado como acabado, mas sim em contínuo processo de construção.

Todo esse conhecimento é compartilhado por diversas pessoas espalhadas pelo mundo. A química é uma ciência universal e como todo conhecimento, precisa de uma linguagem comum, que facilite o acesso das teorias e fenômenos a todos cientistas e a população em geral. O químico tem um vocabulário próprio de palavras comuns como equilíbrio, elemento, substância que possuem um significado específico. Além disso, o químico utiliza símbolos, fórmulas, equações para expressar o seu conhecimento.

Podemos resumir dizendo que o estudo da química apresenta três aspectos básicos: fenomenológico, teórico e simbólico⁵. Só se aprende química com a

compreensão das relações e as interdependências entre os fatos, os modelos e a linguagem. Entendemos a Química como uma ciência, um patrimônio cultural humano.

Proposta pedagógica

Uma preocupação constante dos educadores na atualidade é a priorização de metodologias que tornem o processo ensino-aprendizagem mais efetivo. Atividades que propiciam a participação do aluno e desencadeiam seu processo de construção do conhecimento favorecem o processo de aprendizagem significativa. Para isso é preciso desenvolver a motivação, o interesse pela disciplina. Apesar da compreensão ser uma meta comum em Educação, pouco se sabe como ela ocorre em indivíduos ou grupos de indivíduos. Uma suposição é a de que o desenvolvimento do pensamento crítico, das habilidades de resolver problemas, formular perguntas e tomar decisões podem auxiliar como ferramentas de avaliação da coerência estrutural do pensamento dos alunos.^{17, 18}

Ensinar ao aluno a resolver problemas consiste não apenas em ensinar-lhe um conjunto de procedimentos eficazes para se chegar a uma solução imediata, mas em criar-lhe o hábito e a atitude de encarar a aprendizagem como um problema para o qual se pretende encontrar alternativas plausíveis e adequadas. A vida é essencialmente um contínuo processo de escolhas. Todos nós, sozinhos ou com a ajuda de outras pessoas, estamos, ao escolher, tomando decisões. Sempre que somos obrigados a escolher ou tomar decisões é porque temos um problema que nos obriga a pensar criticamente, avaliar possíveis alternativas e optar pela solução que melhor nos convier. Desenvolver a habilidade das pessoas para resolver problemas significa desenvolver o pensamento crítico e, conseqüentemente “Educar para a cidadania”, independente da carreira escolhida.¹⁹ Chassot²⁰ adverte que, a cidadania só pode ser exercida plenamente se o cidadão ou cidadã tiver acesso ao conhecimento e isto não significa apenas aquisição de informações.

Neste contexto, para que o aluno perceba a importância da química no mundo moderno, deve ser dada a oportunidade que ele faça relações entre aquilo que estuda na sala de aula, a natureza e a sua própria vida.

Os estudantes precisam ter oportunidades de vivenciar situações de investigação; diferenciar uma observação de um fato, sabendo que não existe um só modo de ver, saber distinguir uma determinação experimental de uma especulação teórica, preocupar-se em saber historicamente como determinadas leis, teorias e modelos foram propostos, ter claro que os conhecimentos científicos não são verdades absolutas é fundamental para a compreensão dessa ciência.

Com o objetivo de desenvolver tal compreensão, o material apresenta algumas seções presentes em praticamente todos os capítulos:

Laboratório: Em diversos momentos, encadeado com o desenvolvimento da apresentação dos conhecimentos, são sugeridas atividades experimentais, sejam elas realizadas pelos alunos ou de forma demonstrativa pelo professor. Os roteiros das atividades experimentais estão inseridos no livro. Os experimentos visam fornecer novos dados e observações sobre os fenômenos e idéias a serem estudados. Os alunos são estimulados a refletir sobre os resultados obtidos. A apresentação e ou reelaboração dos conceitos são, geralmente, realizadas com base nos dados experimentais obtidos em laboratório.

Mesmo em casos em que não há a possibilidade técnica de se realizar o experimento em um laboratório didático, a estrutura se mantém a partir da descrição do mesmo e apresentação dos dados experimentais em forma gráficos, tabelas e esquemas pertinentes.

Pretende-se, dessa forma, indicar para o aluno a prática científica de elaborar e reelaborar modelos e teorias que expliquem observações, dados experimentais, criando significados para o modelo: explicar e representar a realidade..

Em algumas situações, os conceitos são apresentados na forma de um texto no estilo de divulgação científica, em uma seção denominada **Contexto**. Esses textos têm o objetivo de mostrar ao aluno a relação entre o que ele está estudando e o mundo, reforçando que a química é uma ciência que contribui nas ações tecnológicas e nas atividades humanas de modo geral.

Procura-se evitar que as informações representem apenas um exemplo de aplicação dos conceitos desenvolvidos, mas uma maneira de apresentar conceitos, relacionar temas desenvolvidos em outras disciplinas ou em outros momentos do curso. Deseja-se mostrar que problemas reais exigem soluções amplas, envolvendo diversas áreas do conhecimento e diversos aspectos de uma mesma ciência, e que as divisões do conhecimento têm somente um objetivo didático.

Uma terceira seção denominada **mãos à obra**, convida o aluno a resolver situações problema que envolvem a aplicação dos conceitos desenvolvidos. Em outros momentos o aluno é estimulado a ampliar e detalhar o seu conhecimento em determinado tópico para apresentar para classe um trabalho que sempre tem um caráter de reflexão sobre uma questão importante para a sociedade. Este é um momento em que os estudantes podem trocar seu conhecimento e entendimento do assunto apresentado.

As atividades apresentam, geralmente, três momentos. Uma análise individual, seguida pela produção em grupo (máximo 4 alunos), quando os alunos devem encaminhar uma resolução para o

problema levantado. E, por fim, a discussão em classe com cada grupo expondo suas conclusões e dificuldades.

Abordagem conceitual

Acreditamos que uma dificuldade do ensino de química consiste na abstração dos modelos explicativos, baseados em fenômenos físicos que não são do domínio dos alunos como eletromagnetismo e mecânica quântica. A situação é agravada pela apresentação dos modelos atômicos sem ao menos o aluno desenvolver adequadamente o conceito de substância e de reação química.²¹

Com o intuito de evidenciar o processo de construção do conhecimento científico, foi proposta uma reformulação da ordem de apresentação dos conteúdos programáticos em relação aos livros didáticos tradicionais.

O princípio que norteia a abordagem conceitual é a elaboração de uma teoria ou de um modelo como resposta a uma série de observações. São necessários dados experimentais que quebrem com o paradigma do modelo instituído para que outro modelo seja incorporado pela ciência.

Para isso, sugerimos a exploração dos modelos atômicos em todo o seu potencial antes de avançarmos para um modelo mais moderno. O novo modelo é requisitado pelos fenômenos observados e que não são compatíveis com o modelo anterior.

Desse modo, explora-se o modelo atômico de Dalton para a determinação de massas atômicas, de fórmulas moleculares, a representação de equações químicas e a resolução de cálculos estequiométricos. O comportamento do gás real pode ser compreendido com o modelo atômico e a teoria cinético-molecular.

A apresentação dos conteúdos sugeridos nos dois primeiros volumes é explicada a seguir.

O livro da 1ª série está dividido em 4 unidades: a composição da matéria, as relações quantitativas nas reações químicas, cálculos estequiométricos e a estrutura da matéria (tabela 1).

Acreditamos que a abordagem tradicional do ensino de química do ensino médio privilegia de tal modo os modelos teóricos, apresentando-os prontos e utilizando uma representação simbólica que o aluno não percebe o que essa construção do conhecimento busca explicar. As observações e as indagações que levaram à construção dos modelos são desprezadas e muitas vezes, a impressão que fica é que o mundo se comporta daquela forma pré-determinada porque o modelo assim o estipula. Ou seja, se as observações não estão de acordo com o modelo, elas estão **erradas**.

Um exemplo típico de tal distorção é a abordagem que se dá às fórmulas que representam as substâncias. Em vez de tratá-las como resultantes de dados experimentais e da busca de modelos para explicá-los, faz-se justamente o contrário, criam-nas a partir dos modelos teóricos como se fossem “verdades absolutas”. A fórmula H_2O para a substância água é um resultado obtido de diversos

dados experimentais muito anteriores ao modelo atômico atual e conseqüentemente ao modelo de ligação química. Os modelos de ligação permitem uma nova abordagem e um aprofundamento do conhecimento da estrutura da água. Não se restringe à explicação usual de que os átomos do elemento O faz duas ligações enquanto os átomos de H fazem apenas uma.

A unidade 1, a composição da matéria, começa com uma discussão da importância da ciência química, e alerta sobre o preconceito existente à Química. O capítulo 2 desenvolve que as substâncias são caracterizadas por propriedades específicas ou não e se comportam de maneira diferente de misturas. Mais do que definir temperatura de ebulição, temperatura de fusão, densidade e solubilidade, preocupa-se com a caracterização das substâncias, suas diferenças e similaridades. A análise das propriedades físicas das substâncias leva ao modelo cinético-molecular, com o qual pode-se distinguir e explicar os estados de agregação da matéria, as mudanças de estado, a dissolução e a densidade.

No capítulo 3, as propriedades das substâncias permitem a escolha de métodos para separar componentes de uma mistura, perceber a ocorrência de uma reação química e caracterizar as substâncias. Tudo isso é discutido no contexto da obtenção dos metais a partir dos seus respectivos minérios, entre outros processos industriais relevantes. A partir da reação de decomposição define-se empiricamente o elemento químico e discute-se a implicação dessa definição na construção da química moderna.

Na unidade 2, as relações quantitativas nas reações químicas, cujo objetivo principal é construir com o aluno o modelo atômico-molecular. Ao contrário das abordagens tradicionais, enfatiza-se a elaboração do modelo de Dalton e as leis ponderais. Consideramos ser essa uma oportunidade única para o aluno de ensino médio compreender o processo de construção de um modelo científico. Ao contrário dos demais modelos, os quais necessitam de conhecimentos muito específicos de física e química para serem completamente entendidos, a elaboração do modelo de Dalton depende do conceito de elemento e do entendimento das leis ponderais, que são relações proporcionais das massas envolvidas nas reações químicas. Ao entender a lógica da construção do modelo, acreditamos que o aluno deverá ser capaz de acompanhar os modelos mais complexos que estudaremos no decorrer do ensino médio, sem acreditar que são regras prontas, que apareceram como um passe de mágica na mente de um iluminado cientista.

No capítulo 4 explora-se o estudo fundamental da combustão por Lavoisier, a sua contraposição à teoria do flogisto e o início de uma nova maneira experimental e teórica de se fazer química. É um ótimo momento para trabalhar com as concepções alternativas que os nossos alunos têm sobre o

fenômeno corriqueiro da queima e conseqüentemente, sobre o seu modo de entender uma reação química.

O capítulo 5 apresenta três leis ponderais a partir de dados experimentais, discutindo suas conseqüências e aplicações. Em seguida, o capítulo 6, mostra como Dalton utiliza as leis ponderais e os conceitos de reação química e elemento químico sugeridos por Lavoisier para elaborar o primeiro modelo atômico científico. Ao longo do capítulo são discutidas as implicações do modelo de Dalton, como a determinação das massas atômicas dos elementos e suas limitações. A necessidade de acrescentar ao modelo de Dalton o conceito de molécula (proposta de Avogadro) é construída a partir das inconsistências do modelo para explicar as observações experimentais de Gay-Lussac (leis volumétricas). Com o modelo atômico-molecular podemos representar as fórmulas das substâncias e as equações químicas.

No capítulo 7, é feita uma breve discussão entre a relação das reações químicas com a energia, e a importância dos processos químicos na atual produção de energia mundial.

Na unidade 3, cálculos aplicados às reações químicas (cálculos estequiométricos) são desenvolvidos conceitos que podem ser elaborados a partir do modelo atômico-molecular. A determinação de fórmulas moleculares (ou mínimas), o conceito de mol e massa molar podem ser elaborados e aplicados com o conhecimento construído na unidade 2. No capítulo 8, além de introduzir esses conceitos, nos preocupamos em desenvolver no aluno a noção de proporção, possibilitando o entendimento de como se consegue contar átomos, moléculas, etc. Aplicam-se esses conceitos em exercícios de cálculo estequiométrico envolvendo pureza e rendimento.

No capítulo 9, caracteriza-se o estado gasoso considerando-se que as interações intermoleculares são, geralmente, desprezíveis e, portanto, podemos aplicar o modelo atômico-molecular para entendê-lo.

Na unidade 4, procura-se fazer uma síntese da evolução no conhecimento da química e da física no final do século XIX e início do século XX, culminando em um novo modelo atômico e em uma nova concepção da estrutura da matéria.

O capítulo 10 discute a elaboração da tabela periódica por Mendeleev enfatizando sua lógica e a construção da lei periódica a partir das massas atômicas dos elementos e suas propriedades químicas e físicas. Destacamos essa construção, geralmente tratada como curiosidade pelos livros didáticos, o que muitas vezes leva ao aluno acreditar que a tabela periódica é uma decorrência da distribuição eletrônica dos átomos, desprezando o seu papel fundamental na elaboração dos modelos modernos do átomo. Desconsiderando a própria história: a tabela precede os modelos atômicos com elétrons.

O capítulo 11 é dedicado aos fenômenos elétricos estudados no final do século XIX e na conseqüente descoberta do elétron e o modelo de Thomson. No capítulo 12, procuramos mostrar como a descoberta da radioatividade e seu estudo sistemático levaram a elaboração de um novo modelo atômico. A matéria é um grande vazio e as forças envolvidas nas ligações químicas são de natureza elétrica. O modelo de Rutherford modifica a caracterização de elemento, o conceito de massa atômica e a concepção da estrutura da matéria.

O volume 1 é finalizado, com um capítulo dedicado à radioatividade. Novamente, procuramos mostrar o momento histórico e a evolução dos conceitos, discutindo os decaimentos radioativos e a sua cinética, a estabilidade do núcleo, as reações nucleares, a fissão e fusão nucleares e as aplicações modernas da radioatividade.

Tabela 1. Estruturação das quatro unidades que compõem o volume 1.

unidade	capítulos
1. A composição da matéria	1. Estudando a matéria; 2. Caracterizando a matéria; 3. Transformações da matéria;
2. As relações quantitativas nas reações químicas	4. Reações de combustão; 5. Relações de massas nas reações químicas; 6. Modelo atômico de Dalton; 7. A energia e as reações químicas;
3. Cálculos estequiométricos	8. Contando átomos; 9. O estudo dos gases;
4. A estrutura do átomo.	10. A lei periódica; 11. A descoberta do elétron; 12. O átomo de Rutherford; 13. Transformações nucleares.

O livro da 2ª série está dividido em 4 unidades: Caracterizando as soluções aquosas; Investigando as soluções; A estrutura da matéria; Analisando as moléculas. Procurando manter a coerência com o que foi sugerido no volume 1, continuamos buscando novas evidências experimentais que desse suporte ao modelo atômico mais moderno. Ao mesmo tempo, a análise mais aprofundada das reações químicas e das propriedades das substâncias acaba induzindo a necessidade da introdução de um modelo capaz de explicar as interações entre os átomos e entre os agregados atômicos nas mais diversas substâncias,

levando à construção de modelos de ligações químicas. Após elaborado o modelo, pretendeu-se utilizá-lo exaustivamente na compreensão dos fenômenos que envolvem a matéria, de modo a evidenciar o seu significado.

Durante o desenvolvimento dos conceitos, buscou-se respeitar a metodologia adotada no volume 1, em que o aluno acompanha a construção de modelos e teorias a partir da análise de dados experimentais e a discussão de seus significados. Ao mesmo tempo, são apresentados a linguagem e os símbolos próprios da ciência que devem representar os modelos em consonância com as observações realizadas.

Entretanto, os conceitos apresentados são cada vez mais abstratos, suportados em experiências complexas e que exigem uma grande precisão nas medidas. Mesmo assim, os dados experimentais são apresentados como tal e a sua apropriação passa a ocorrer a partir da análise de tabelas e gráficos. Esse percurso, inevitável para a compreensão dos modelos de ligações químicas e interações intermoleculares, exige um grau de abstração bastante adiantado por parte dos alunos e por esse motivo preferimos deixá-los para a segunda série.

Na unidade 1, caracterizando as soluções aquosas, as substâncias são classificadas em metálicas, iônicas e moleculares a partir da capacidade de conduzir corrente elétrica nos estados sólido e líquido. A seguir, classificam-se as substâncias moleculares e iônicas em eletrólitos e não eletrólitos a partir de sua solubilidade em água e dos processos de ionização e dissociação iônica sugeridos por Arrhenius.

O capítulo 2 analisa as reações de precipitação através da ótica dos íons livres em solução aquosa e a possibilidade de formação de compostos insolúveis. Além de observações experimentais, procura-se incentivar o aluno a elaborar modelos representativos dos processos de ionização, dissociação e precipitação de compostos iônicos.

A classificação dos eletrólitos em função dos íons presentes em solução aquosa permite a identificação dos ácidos, bases e sais. É no capítulo 3 que as reações de ionização são discutidas, assim como a caracterização do cátion $H^+(aq)$ e do ânion $OH^-(aq)$. Noções de equilíbrio são apresentadas nas discussões sobre força de ácidos e bases, bem como na definição de pH. As reações de neutralização são apresentadas como mais uma reação entre íons.

O capítulo 4 encerra a unidade, mostrando as reações dos óxidos em água e a formação de ácidos e bases. O tema da chuva ácida aparece, retomando e ampliando conceitos desenvolvidos no capítulo 3. As reações em solução aquosa com formação de ácidos e bases fracos ou voláteis, assim como a hidrólise de sais ampliam os conceitos de acidez e alcalinidade, situando-os, principalmente, como uma caracterização da solução e não da substância.

Ainda no capítulo 4, são apresentadas as reações entre os metais e os cátions metálicos, ou entre os halogênios e os seus respectivos ânions. O conceito de óxido-redução é introduzido a partir dessas reações com a identificação do fenômeno de transferência de elétrons. A tendência de participar dessas reações é formalizada como a reatividade da substância elementar.

Na unidade 2, caracterizam-se as soluções de maneira mais detalhada. O conceito de solubilidade e sua variação em função da temperatura são resgatados. Procuramos diferenciar soluções de emulsões e suspensões coloidais. Ainda nesse capítulo, formalizam-se as expressões quantitativas das concentrações das soluções, bem como as suas determinações por técnicas volumétricas.

O capítulo 6 retoma os conceitos de temperatura de ebulição, temperatura de fusão e a identificação de solventes e soluções. Para a compreensão das propriedades coligativas, abordamos os conceitos de pressão de vapor de um líquido e o equilíbrio envolvido, constatando a partir de dados experimentais a lei de Raoult. A partir de análise semelhante estudamos a crioscopia e a ebulioscopia. Finalizando a unidade, trabalha-se o conceito de osmose e estuda-se o seu princípio a partir da noção de equilíbrio.

A unidade 3 trata da estrutura da matéria. O capítulo 7 retoma uma série de observações em termos de reatividade abordadas nos capítulos anteriores e que sustentavam a lei periódica de Mendeleev. Ao mesmo tempo, outras propriedades e fenômenos são descritos como os espectros atômicos e as propriedades periódicas dos elementos como raio atômico, energia de ionização e afinidade eletrônica.

Os dados experimentais acabam concordando com o modelo atômico sugerido por Bohr, a distribuição dos elétrons em camadas eletrônicas. É a partir desses dados que o modelo é construído com os alunos.

No capítulo 8, retomam-se as características dos compostos iônicos, moleculares e metálicos e, utilizando o modelo atômico de distribuição de camadas procuramos desenvolver os respectivos modelos de ligação química: iônica, covalente e metálica. Os modelos buscam explicar os dados experimentais observados para essas classes de substâncias ao longo do curso (volume 1 e 2).

Finalmente, na unidade 4 enfatiza-se os compostos moleculares. O capítulo 9 procura desenvolver modelos para a previsão da geometria molecular e sua polaridade, para, a partir disso, discutir as propriedades físicas das substâncias moleculares. Os modelos das interações intermoleculares é apresentado, sendo coerente com os dados experimentais analisados.

Nos capítulos 10 e 11, faz-se um apanhado dos conceitos básicos da química orgânica. As principais funções químicas, os grupos funcionais e as normas de nomenclatura são apresentados para os alunos, paralelamente às propriedades específicas e a

reatividade desses compostos. Procura-se não detalhar muito os mecanismos de reação, mas sim, mostrar que o que caracteriza as substâncias são suas propriedades e não um determinado grupo funcional, apesar de o modelo simplificar e facilitar a nossa análise. Esperamos que o aluno consiga relacionar a estrutura das moléculas com as propriedades físico-químicas dos compostos.

O capítulo 12 encerra o volume 2 enfocando os polímeros. Procuramos ressaltar os processos de obtenção dessas macromoléculas, suas propriedades únicas e suas aplicações no nosso cotidiano. Aproveitamos para retomar algumas características de reatividade e interações intermoleculares já destacadas nos capítulos anteriores.

Tabela 2. Estruturação das quatro unidades que compõem o volume 2.

unidade	capítulos
1. Caracterizando as soluções aquosas	1. Investigando a estrutura das substâncias; 2. Reações químicas em soluções aquosas: precipitação; 3. Funções químicas;
2. Investigando as soluções	4. Reações químicas em solução aquosa; 5. Preparando soluções; 6. Propriedades coligativas;
3. A estrutura da matéria	7. Constituição da matéria; 8. Como se ligam os átomos;
4. Analisando as moléculas.	9. Como se ligam as moléculas; 10. Compostos de carbono; 11. Funções orgânicas; 12. Polímeros.

O volume 3, ainda não editado, mantendo a coerência com os anteriores, com relação à abordagem conceitual, está dividido em 5 unidades: Energia e as transformações químicas; Cinética química; Equilíbrio químico; Reações de transferência de elétrons; A química dos seres vivos (tabela 3).

Em termos gerais, as quatro primeiras unidades tratam do estudo das reações químicas sob a ótica da físico-química. As transformações são analisadas quanto à energia envolvida (termoquímica), a rapidez da formação dos produtos (cinética química), a proporção entre reagentes e produtos no sistema final (equilíbrio químico), e a participação dos elétrons e suas consequências em termos de aplicações em aparelhos e obtenção de substâncias (eletroquímica).

A química orgânica é retomada em cada unidade, utilizando-se de exemplos clássicos que ajudam na discussão de cada conceito, como as reações de adição na discussão de catalisadores, a análise cinética das reações de substituição, os equilíbrios envolvendo as reações de esterificação e hidrólise, o comportamento ácido e básico de alguns grupos funcionais ou ainda a retomada do conceito de oxirredução envolvendo compostos orgânicos.

Já a unidade 5 apresenta uma breve introdução à aplicação desses conceitos para entender o metabolismo dos seres vivos. Nessa unidade são apresentadas as propriedades e funções de macromoléculas como proteínas, ácidos nucleicos, lipídios e carboidratos, além da importância da isomeria ótica e a o comportamento diferenciado dos enantiômeros nos processos biológicos.

Tabela 3. Estruturação das cinco unidades que compõem o volume 3.

unidade	capítulos
1. Energia e as transformações químicas	1. O calor e as transformações; 2. Determinando o calor envolvido nas reações químicas; 3. Discutindo a estabilidade das substâncias e a espontaneidade das reações;
2. Cinética química	4. Determinando a rapidez das reações;
3. Equilíbrio químico	5. Reações reversíveis e o estado de equilíbrio; 6. Equilíbrios estabelecidos em sistemas aquosos;
4. Reações de transferência de elétrons	7. Produzindo energia; 8. Obtendo substâncias elementares
5. A química dos seres vivos.	9. Biomoléculas.

Receptividade dos professores

A divulgação do material didático foi realizada através de reuniões entre autores e professores de química da RSE. Para a divulgação de cada volume houve apenas um encontro de oito horas, ocasião esta destinada à exposição das concepções de ensino/aprendizagem norteadoras do projeto, bem como de algumas atividades sugeridas. As últimas foram trabalhadas pelo grupo de professores em forma de oficina a partir da interpretação de um capítulo demonstrativo.

Devido ao formato, tais encontros não podem ser considerados “cursos de reciclagem”, muito menos como um programa de formação continuada. Contudo nos permitiram elaborar um relato crítico acerca da receptibilidade para com o material desenvolvido.

À primeira vista, analisando as falas iniciais dos professores é possível detectar idéias que traduzem o desejo de ruptura com o sistema tradicional de ensino, entre elas a busca por uma abordagem mais contextualizada e interdisciplinar, a valorização da compreensão conceitual em detrimento à simples memorização e mecanização de algoritmos. Mais ainda, assumem uma postura em defesa da prática do desenvolvimento das habilidades e competências estabelecidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+). Entretanto, ao exporem suas críticas com relação ao material, deixam transparecer idéias sobre a disciplina, o ensino, a aprendizagem, o aluno, a metodologia de trabalho, que traduzem seu pensamento e sua prática efetiva em sala de aula, prática esta impregnada pelo modelo comportamentalista de ensino. Muitos solicitam um maior número de exercícios e sugerem a redução de textos. Tais reivindicações sugerem práticas baseadas em resolução de exercícios, onde o professor apresenta um algoritmo a ser memorizado e reproduzido mecanicamente para uma série de questões semelhantes. Para eles, os textos longos apareceriam como itens de perfumaria, gerando “indisciplina” em sala de aula.

Com relação à sequência de conteúdos, as apreciações confirmam a concepção de planejamentos baseados na sequência de conteúdos dos livros tradicionais. Essa postura inicial indica um claro desconhecimento do desenvolvimento do conhecimento químico e do papel do modelo frente às observações experimentais e as leis ou generalizações da ciência.

A partir dos comentários e críticas, percebemos, que para muitos professores:

- Não se pode determinar fórmulas moleculares antes de conhecer o modelo de ligações químicas e a regra do octeto.
- É inconcebível desenvolver e compreender cálculo estequiométrico sem conhecer a distribuição eletrônica por níveis de energia e as funções inorgânicas.
- Não é possível apresentar a tabela periódica e, muito menos entender a sua lógica antes de saber o modelo atômico de Ruherford-Bohr.
- Para se apresentar as funções inorgânicas e estudar as reações em soluções aquosa é necessário desenvolver os modelos de ligações químicas e, conseqüentemente, o modelo atômico de Rutherford-Bohr.

Em geral, os professores que se empenharam em conhecer a proposta, elaborando críticas reflexivas podem ser caracterizados como profissionais ligados ou que conhecem trabalhos desenvolvidos por grupos de ensino estabelecidos como na Unimed de

Piracicaba, USP – São Paulo, UNICAMP, UNIJUÍ, Unb, UFMG ou UFBA.

Muitos desses professores desenvolveram um curso próprio, com propostas originais, adequando-se à sua realidade regional e escolar, mas mantendo os princípios norteadores da proposta pedagógica.

Para aqueles que conseguiram desenvolver o trabalho dentro da proposta sugerida, os alunos apresentaram maior facilidade na resolução de questões envolvendo cálculo estequiométrico, devido à atenção dispensada às leis ponderias e ao modelo atômico de Dalton..

Tais percepções ratificam as necessidades formativas dos professores de ciências, apresentadas por Gil-Pérez e Carvalho,²² bem como a iminência de investimentos em programas de formação continuada de professores, programas estes que permitam ao profissional colocar seu discurso em prática.

Conclusões

Esse trabalho apresenta os fundamentos da proposta pedagógica para ensino de química desenvolvida para a RSE. Para tornar a aprendizagem do desenvolvimento do conhecimento químico, bem como sua importância na sociedade contemporânea, sugeriu-se uma abordagem privilegiando-se os fatos experimentais e sua análise antes do desenvolvimento dos modelos científicos.

Para isso, inverteu-se a ordem tradicional dos conteúdos, explorando-se as potencialidades de cada modelo atômico.

Professores, independentemente da idade ou experiência didática, que não tinham conhecimento ou contato com projetos desenvolvidos por grupos de educação em química apresentaram uma dificuldade maior para iniciar o trabalho dentro da linha sugerida.

Agradecimentos

Ao Prof. Ms. Júlio César Foschini Lisboa pela inestimável colaboração com a leitura crítica dos manuscritos dos três volumes da obra.

¹ Schnetzler, R. P. *Química Nova*, **2002**, 25, 14.

² Schnetzler Roseli Pacheco PROQUIM – Projeto de Ensino de Química (UNICAMP 1982)“ Coordenado pela prof. Dra. Roseli P. Schnetzler.

³ GEPEQ Interações e Transformações 6ª ed. São Paulo: Edusp, 2000.

⁴ Mortimer, E. F.; Machado, A. H. Química para o Ensino Médio. São Paulo: Scipione, 2002.

⁵ *Produção de Experiências simples e de textos para o ensino de conceitos de química* (UFSCAR) Coordenado pelo Prof. Dr. Romeu Cardoso Rocha Filho.

⁶ *Ação integrada para a melhoria do ensino de Ciências e Matemática*. (UNIJUÍ) Coordenado pelo Prof. Dr. Otávio Aloísio Maldaner.

⁷ Mortimer, E. F. *Em Aberto, Brasília* **1998**, 7, 25.

⁸ Mortimer, E.F, Machado, A.H. e Romanelli, L.I. *Química Nova*, **2000**, 23, 273.

⁹ Mellado, V. *Science Edu* **1998**, 82, 197.

¹⁰ Bejarano, N. R. R.; Carvalho, A. M. P. *Ciência & Educação* **2003**, 9, 1.

¹¹ Feldman, A. *Science Edu*. **2000**, 84, 606.

¹² Posner, G. I. *Sci. Edu*. **1982**, 66, 211.

¹³ Maldaner, O. A. A formação inicial e continuada de professores de Química. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

¹⁴ Rosa, M. I. P. *Investigação e Ação*. Ijuí: Editora Unijuí, 2004.

¹⁵ Rosa, M. I. P.; Sene, I. P.; Parma, M.; Quintino, T. C. A. *Rev. Bras. Pesq. Edu. Ciências* **2003**, 3, 58.

¹⁶ Pérez, D. G.; Carvalho, A. M. P. *Educación Química* **2000**, 11, 244.

¹⁷ Zoller, U. (2000) Interdisciplinary systemic HOCS development – the key for meaningful STES oriented chemical education. *Chem. Edu. Res. Pract. Europe (CERAPIE)*, 1, 189-200. [http://www.uoi.gr/ceep/2000_May/28-01zoller.html]

¹⁸ Zoller, U. (2001) The challenge for environmental chemistry educators. *ESPR – Environ Sci. & Pollut Res*, 8, 1-4.

¹⁹ Widson, L. P, S.; Schnetzler, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 2ª edição. Unijuí: Ijuí, 2000.

²⁰ Chassot, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 2ª edição. Unijuí: Ijuí, 2001.

²¹ Mortimer, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. UFMG: Belo Horizonte, 2000.

²² Gil-Pérez, D.; Carvalho, A. M. P. *Formação inicial e continuada de professores de ciências: tendências e inovações*. 4a ed. São Paulo: Cortez, 2000.