

V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS
**LITERATURA CIENTÍFICA E
PERFIL CONCEITUAL QUÍMICO DOS ALUNOS**

**SCIENTIFIC LITERATURE AND STUDENTS' CHEMICAL
CONCEPTIONS PROFILE**

**Ricardo Strack¹
Rochele Loguércio², Jose Claudio Del Pino³**

¹ UFRGS/Área de Educação Química, ricstrack@yahoo.com.br

² UFPEL/Faculdade de Educação, rochele_loguercio@yahoo.com.br

³ UFRGS/Área de Educação Química, aeq@iq.ufrgs.br

RESUMO

Este artigo visa enfatizar a *literatura científica* e sua possibilidade de utilização na formação inicial e continuada em química como potencial forma de aquisição de conhecimento científico, histórico e conceitual. Nesse sentido, unem-se três importantes temáticas da educação em ciências: concepções alternativas dos alunos, conceitos estruturantes e perfil conceitual e literatura científica com o intuito de tornar mais prazerosa e complexa a aprendizagem e o ensino de química.

Cabe, porém, explicitar e analisar como essa literatura se apresenta, para tanto utilizamos diversos pesquisadores que discutem esse tema e enfatizamos a importância dos textos de Bachelard sobre a epistemologia da ciência como norteadora do olhar sobre essa literatura.

Palavras-chave: *literatura científica, concepções espontâneas, constituição da matéria, epistemologia bachelardiana, conceitos estruturantes.*

ABSTRACT

This paper highlights *scientific literature* and the possibility of employing it on chemistry initial and continued formation as a potential means of scientific, historical and conceptual knowledge acquisition. In this sense, three important science education themes are associated aiming at turning chemistry teaching and learning more enjoyable and complex: students' alternative conceptions, structuring concepts and conceptual profile, and scientific literature. On the other hand, it is important to clarify and analyze how the scientific literature is presented. With such a purpose, several researchers who discuss this theme are employed in this study. Bachelard's texts on science epistemology are highlighted as an important guide to investigate this type of literature.

Keywords: *scientific literature, spontaneous conceptions, composition of matter, Bachelardian epistemology, structuring concepts.*

1. Introdução - Considerações gerais

“Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado.”

(Bachelard, 1996)

Esta frase de Bachelard resume bem o que o professor encontra na sala de aula ao ensinar conceitos que envolvam a estrutura da matéria tal como os modelos de átomos e moléculas. Afinal não se trata simplesmente de “passar o conteúdo”, mas também considerar idéias previamente existentes decorrentes do senso comum (concepções e representações que são mediadas por nossos sentidos). Buscar formas de desenvolvê-las, principalmente através da literatura de divulgação científica, será o enfoque deste artigo.

O conhecimento científico apresentado no ensino é diferente das muitas suposições e crenças que os alunos têm sobre o mundo, isso decorre do fato de o saber científico requerer a incorporação do mundo dos modelos e teorias da ciência em lugar de um sistema cognitivo que é muito eficaz no mundo cotidiano mas que estão estruturados por princípios muito diferentes dos que estruturam as teorias e modelos na ciência (Pozo et all, 2004).

Segundo Fensham (1995) os fatos e os princípios ‘aprendidos’ são aplicados em contextos muito limitados e não são associados com o mundo natural ou tecnológico fora da escola. Fato este também constatado por Stavy (1988) nos seus estudos sobre as concepções dos alunos a respeito da natureza dos gases. Contribuições de Justi e Ruas (1997) constataam a fragmentação do conhecimento químico a respeito da constituição da matéria levando à mesma conclusão de Pozo (2004): a teoria corpuscular não é, para o aluno, realmente um modelo explicativo das propriedades da matéria como nos apresenta a ciência.

Dentro desta perspectiva e tendo em vista que, segundo Benarroch (2000), um dos conteúdos de grande contribuição às linhas de pesquisa sobre as concepções dos alunos relaciona-se com a natureza corpuscular da matéria, buscaram-se algumas das principais concepções dos alunos nesta área. Seguindo as proposições de Benarroch (2000) houve uma tentativa de reconciliar a heterogeneidade das concepções dos alunos que em dado momento se percebeu, através de sua homogeneização, onde as contribuições da área da psicologia, da epistemologia das ciências e da educação em ciências (especialmente da química, neste caso) formaram a base do levantamento (mesmo que limitado) das já citadas concepções espontâneas.

O argumento base para este levantamento está em que se faz necessário compreender como os alunos constroem suas idéias, suas representações da realidade, a partir de seus próprios referenciais – seu meio ambiente e sua lógica – que é distinta daquelas do professor e da ciência. Cabe ao professor orientar seu discurso e atividades a fim de que os alunos possam identificar outras formas de “ver” os fenômenos, de pensar e de falar mais de acordo com a ciência atual (Gomez-Moliné e Sanmartí, 2002).

O papel da literatura de divulgação científica neste quadro é justamente contribuir na compreensão dos conceitos científicos. Segundo Candotti (2002) referindo-se aos livros didáticos “hoje, os textos, em sua maioria, são pobres, desatualizados e repetem, há décadas, informações muitas vezes equivocadas”. Outra contribuição é com o entendimento da ciência como um saber (re)construído ao longo do tempo, não estático e inserido nos contextos culturais dos povos e indivíduos que participaram e participam da sua elaboração; em linhas gerais trata-se de uma modesta contribuição rumo a uma compreensão pública da ciência que deve se iniciar na sala de aula.

Nossa pesquisa evidencia o estudo de alguns livros de literatura de divulgação científica que trazem proposições, embates, histórias da ciência relativas à construção e entendimentos dos modelos atômicos, destacando alguns processos que podem ser interessantes na construção de seu perfil químico.

2. Um esboço de classificação para as concepções espontâneas: uma visão bachelardiana

Ao se realizar um mapeamento das principais concepções espontâneas a respeito da estrutura da matéria existentes na literatura (Gallegos e Garritz, 2004; Pozo et all, 2004; Ozmen and Ayas, 2003; Benarroch, 2000; Justi, 1998; Rosa & Schnetzler, 1998; Mortimer, 1995; Mortimer e Miranda, 1995; Pozo et all, 1992 e Stavy, 1988), procurou-se classificá-las em grupos que representassem as idéias gerais que estavam

implicitamente relacionadas. Especificaremos quais com uma psicanálise¹ das concepções espontâneas, ou seja, referenciando-se a uma visão epistemológica segundo Bachelard (1996), centrada no livro *A Formação do Espírito Científico*.

Nesta perspectiva foi possível interpretar as concepções espontâneas dos alunos como obstáculos epistemológicos ao entendimento das teorias e modelos da ciência a respeito da constituição da matéria, no entanto, esta visão não pretende tratar as concepções como algo negativo: uma “doença” que precisa ser erradicada, que precisa ser “curada”². O que é, dentro do mundo do indivíduo, uma concepção (podendo ser espontânea), normalmente, no mundo da ciência é tratado como um obstáculo epistemológico, que, segundo Bachelard, “é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, *lentidão e conflitos*. É aí que mostraremos causas de *estagnação* e até de *regressão*, detectaremos *causas de inércia* às quais daremos o nome de *obstáculos epistemológicos*” (Bachelard, 1996) (Grifos nossos).

Entretanto o autor em questão trata da objetividade do conhecimento *científico* no qual a poderosa ferramenta da abstração científica (principalmente através da matemática) deve diminuir sua carga subjetiva, afinal, como não é obra de um único indivíduo, o entendimento entre os pares precisa ser o mais claro possível, além da teoria e seus modelos explicativos necessitarem de uma base na realidade que não seja de uma pessoa em particular.

Uma visão mais ‘conciliadora’ de obstáculo epistemológico no que tange sua relação com as representações ou concepções alternativas dos alunos é dada por Gomez-Moliné e Sanmartí (2002) caracterizando-as como “*formas de pensar (...) antigas estruturas tanto conceituais como metodológicas, que poderiam ter no passado certo valor, porém, no momento atual, se contrapõem ao progresso do conhecimento científico*”.

Neste sentido surge um ponto de contato entre o mundo do indivíduo e o mundo da ciência, o primeiro não pensa *errado*: pensa através de uma visão epistemológica que pode se relacionar com um período da História da Ciência. Segundo Mortimer (1992) as concepções dos alunos (as quais ele chama de ‘conceitos alternativos’) pertencem, dentro do perfil conceitual do conhecimento químico, ao componente do realismo³ sendo esta parte do perfil fundamental para o processo de ensino-aprendizagem.

A reunião das concepções em grupos dá origem ao que podemos chamar de ‘região epistemológica’, uma intersecção em que os obstáculos epistemológicos bachelardianos configuram-se como casos limites (é comum que os obstáculos estejam mesclados, conforme será apresentado a seguir). Um exemplo é o flogístico: sua idéia está na interface entre a concepção ‘visual’ (não *vejo* o ar ser consumido) e uma concepção ‘etéreo’ (um substância da qual o fogo é feito), neste sentido Bachelard escreveu: “*É aliás notável que, de modo geral, os obstáculos à cultura científica se apresentem sempre aos pares. A tal ponto, que se pode falar de uma lei psicológica da bipolaridade dos erros.*” (Bachelard, 1996). Uma outra visão para este polimorfismo é dada por Justi e Ruas (1997) entendendo a teoria particular da matéria como muito fragmentada por parte dos estudantes: estes agem de forma essencialmente diferente em contextos diferentes no que tange ao uso de explicações que envolvam, por exemplo, a existência ou não de peso por parte do gás, conforme constatado também por Stavý (1988).

¹ Em Bachelard o termo ‘psicanalisar’ o conhecimento objetivo significa retirar dele todo caráter subjetivo, Pessanha (1994) (citado por Lopes, 1996).

² Conforme está na homepage da *RSC's chemical science network* da *Royal Society of Chemistry*: “*Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure*”

³ Segundo Mortimer (1992), referindo-se ao livro *A Filosofia do Não* de Gaston Bachelard, é o componente do conhecimento ‘impregnado’ de senso-comum.

Abaixo estão apresentadas e comentadas algumas das “regiões epistemológicas” nas quais foram reunidas as concepções espontâneas. A fim de se obter uma certa homogeneidade de conhecimentos, associou-se a epistemologia da ciência, a psicologia e a educação em ciências nestes grupos de concepções, razão pela qual se poderão encontrar tanto referências da epistemologia bachelardiana, quanto das contribuições de alguns educadores em ciências, além das associações destas com algumas das teorias psicológicas (modelos mentais, por exemplo).

▪ **Concepções do tipo visual/íntima:** baseada nas percepções sensoriais (visuais principalmente), onde o que não se vê, não existe, ou deixou de existir ou ainda passou a existir como, por exemplo, a imaterialidade (ou ausência de ‘peso’) do ar e/ou dos gases (Stavy, 1988) e a concepção de que numa reação de precipitação ocorre um aumento da massa do sistema (Ozmen e Ayas, 2003). As concepções constituem uma maneira de o espírito pré-científico manifestar sua experiência primeira: *“a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica. De fato, essa observação primeira se apresenta repleta de imagens, é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que compreendemos”* (Bachelard, 1996). Um outro modo de conceber a ciência em seus fenômenos diz respeito à valorização íntima da experiência que aparece tanto no que Bachelard refere ironicamente como admiração *“... não é possível, sem doçura e amor, estudar o nascimento e comportamento das substâncias químicas”* (Bachelard, 1996), quanto na explicação dos experimentos, por exemplo, a idéia que existe afinidade entre as substâncias: isto é, assumem a existência de um ‘desejo de uma substância atrair outra’ (uma mentalidade alquímica) como uma condição para a ocorrência de reações (Justi, 1998).

• **Concepções do tipo etéreo/intrínseca:** são concepções que, segundo Gallegos e Garritz (2004) também podem ser classificadas como um Modelo Discreto II, dentro de uma Teoria de Domínio Discreto⁴ e estão relacionadas, principalmente, com a existência de um meio e/ou propriedade fluídica, ou então, com um princípio intrínseco. Uma outra classificação possível é a de Benarroch (2000) chamando-as de concepção de Nível Explicativo III⁵. Um exemplo é a forte tendência em negar a existência de espaços vazios entre as partículas (Mortimer, 1995; Gallegos e Garritz, 2004) deve existir ‘algo’ que preencha este espaço (Pozo et al, 1992; Benarroch, 2000), uma espécie de fluido que permeie tudo (um exemplo clássico é o éter lumífero). Outro exemplo é a idéia de que existem ‘moléculas quentes’ e ‘frias’: ao não se associar a energia cinética das partículas à temperatura, abre-se espaço para a concepção de que o calor e o frio existem nas moléculas como um princípio em si, ou mesmo como um fluido (lembrando o fluido calórico). *“A idéia substancialista quase sempre é ilustrada por uma simples continência. É preciso que algo contenha, que a qualidade profunda esteja contida”* (Bachelard, 1996).

▪ **Concepções do tipo atributiva/reducionista:** é a transferência das propriedades da substância (a nível macroscópico) para seus constituintes, sendo chamada por Gallegos e Garritz (2004) de um Modelo Discreto I, dentro de uma Teoria de Modelo Discreto, ou, segundo Benarroch (2000), um Nível Explicativo III, onde as partículas têm as características da substância (cor, estado físico...), por exemplo, a expansão dos objetos ocorre por causa da expansão das moléculas (Rosa e Schnetzler, 1998). *“... ‘O mentol, a mentona e o acetato de mentila têm cheiro de menta’. Ao ler essa frase, é costume o leitor culto responder: ‘É claro’. Ele vê na*

⁴ Dentro da teoria dos modelos mentais de Gallegos e Garritz (2004) a respeito das concepções dos alunos existem duas teorias gerais às quais estas se enquadram (as Teorias Macro): uma chamada de Teoria de Domínio Contínua e uma Teoria de Domínio Discreta, pertencendo a esta última os modelos explicativos chamados Modelos Discreto I e II.

⁵ Dentro da teoria dos modelos mentais de Benarroch (2000) as concepções dos alunos podem ser descritas como pertencentes a diferentes Níveis Explicativos: I, II, III, IV e V.

tripla afirmação um pleonasma (...). O leitor ignorante em química orgânica não percebe que os derivados de um mesmo composto podem ter propriedades muito diversas ...” (Bachelard, 1996). É aqui que as descontinuidades entre o conhecimento baseado no senso comum e o conhecimento científico se apresentam: as características macroscópicas das substâncias são levadas aos constituintes da matéria e então temos as ‘*moléculas líquidas*’ e as ‘*áureas de cheiro*’.

3. Algumas considerações: afinal, em que a literatura de divulgação científica pode ajudar?

Dentre as principais justificativas para o levantamento das concepções dos alunos a respeito da estrutura da matéria, Benarroch (2000) cita que se podem utilizar os esquemas epistemológicos para selecionar e seqüenciar o ensino de ciências, problemas que se colocam ao se tentar uniformizar a multiplicidade das investigações realizadas. Neste sentido, a História das Ciências e a Epistemologia das Ciências podem ser utilizadas no ensino de diversas maneiras (Gagliardi, 1988) como, por exemplo, na identificação dos obstáculos epistemológicos; na definição dos conteúdos do ensino e como complemento de ensino de outras disciplinas.

Além disso, a introdução de aspectos da História da Ciência possibilita que os alunos compreendam melhor como a ciência é construída e desenvolve-se e que repercussões sociais têm estes conhecimentos, considerando a ciência como parte inseparável do saber humano (Solbes e Traver, 2001). O entendimento da construção deste saber humano ao longo da história permite também uma melhor assimilação pelos alunos das entidades e idéias que constituem o mundo da ciência, sem a necessidade de que este precise redescobri-las através de seu próprio empirismo, em outras palavras, implica o aluno ser iniciado no mundo e na linguagem da ciência. Conforme escreveu Driver et all (1994): “*As entidades e idéias científicas, que são construídas, validadas e comunicadas através das instituições culturais da ciência, dificilmente serão descobertas pelos indivíduos por meio de sua própria investigação empírica; aprender ciências, portanto, envolve ser iniciado nas idéias e práticas da comunidade científica e tornar essas idéias e práticas significativas no nível individual*” contribuindo, desta forma, para a construção de uma sociedade mais crítica e consciente a respeito da ciência e seus produtos.

Neste sentido, a História da Ciência pode contribuir para um ensino de química menos positivista⁶, nesse artigo enfatizamos o uso da literatura de divulgação científica que, segundo Casamiglia (1997): “*se pode interpretar de forma geral como o processo pelo qual se quer legar a um público não especializado e amplo o saber produzido por especialistas em uma disciplina científica*” como forma de imbricar História da Ciência e os saberes dos alunos; assumindo a postura de Ron (2002) de que a literatura que trata da História da Ciência também cumpre funções de divulgação científica, procura-se uma articulação entre os diversos canais de comunicação pelos quais a ciência pode chegar aos cidadãos, podendo ser destacadas a educação formal, por um lado e a divulgação científica, por outro. Ambos são intermediadores entre a comunidade científica e o público em geral (Blanco, 2004).

Outra contribuição desta literatura é, segundo Blanco (2004), compreender as relações entre a ciência e sociedade a fim de se evitar uma fragmentação social, os cientistas de um lado e os cidadãos de outro, além do fato de que a compreensão da ciência e da tecnologia é necessária para viver em sociedades científica e tecnologicamente avançadas, esta conhecida como alfabetização científica⁷.

⁶ A base do programa educacional positivista é a racionalidade técnica e a apresentação não problemática do conhecimento a ser adquirido (Driver et all, 1994).

⁷ Usou-se a palavra ‘alfabetização científica’ como o sinônimo do termo anglo-saxão ‘Scientific Literacy’ que, segundo a OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) é “a capacidade de usar conhecimentos científicos, de reconhecer questões científicas e retirar conclusões baseadas em

Dentro da perspectiva da divulgação da ciência, o uso da literatura de divulgação científica na sala de aula torna-se uma alternativa ao chamado *modelo do déficit*, onde a transmissão do saber acadêmico dá-se de forma verticalizada e somente no sentido cientistas-cidadãos numa visão estreita que considera estes últimos como possuidores de um *déficit* de conhecimento científico, não levando em conta os saberes construídos no cotidiano, chegando a uma posição dogmatizadora do conhecimento estabelecido. A possibilidade de uma alfabetização científica, em sala de aula, embasada na literatura de divulgação, proveniente do ensino informal, possibilita pensar que um projeto como 2061⁸ não seja uma meta tão distante quanto pareça.

3.1. Os livros e os Conceitos Estruturantes

“O conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras”
(Bachelard, 1996)

Até o presente momento este artigo se referiu à sombra (obstáculo epistemológico), mas a sombra também não tem seu oposto?

A possibilidade de uso da literatura de divulgação científica traz, como potencialidade, o uso dos conceitos estruturantes que acabam surgindo durante a leitura dos livros. Podemos defini-los *“conceitos que tem permitido a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais”* (Gagliardi, 1988). Dentro desta perspectiva, utilizaram-se livros que contemplavam as temáticas relacionadas com a estrutura da matéria disponíveis na Área de Educação Química (Instituto de Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul), listados na Tabela 01. A partir da leitura dos livros foi possível distinguir alguns dos conceitos estruturantes presentes nos mesmos e, com base nestes, traçar um quadro de sua possibilidade de contribuir na constituição do perfil conceitual químico dos alunos.

Livros	Algum(s) Conceito(s) Estruturante(s) associado(s)	Concepção(ões) Espontânea(s) ‘alvos’
Lavoisier	- Conservação da Massa - Materialidade do ar (e gases em geral) - Fim do Flogístico - Definição de Elemento ⁹	- Visual / Íntima - Etéreo / Intrínseca - Etéreo / Intrínseca - Atributiva / Reducionista
Bohr	- Modelo Atômico	- Atributiva / Reducionista - Etéreo / Intrínseca
Tio Tungstênio	- Reações Químicas - Elementos	- Visual / Íntima - Atributiva / Reducionista
O Sonho de Mendeleiev	- Pressão Atmosférica (materialidade do ar) - Refutação dos elementos Aristotélicos - Fim do Flogístico - Fim do Vitalismo	- Visual / Íntima - Atributiva / Reducionista - Etéreo / Intrínseca - Etéreo / Intrínseca
O átomo	- Estrutura Atômica - Descontinuidade da matéria	- Atributiva / Reducionista - Etéreo / Intrínseca

Uma possibilidade que se apresenta ao se trabalhar com os conceitos estruturantes que guiaram o mundo da ciência está em tratá-los, também, segundo a perspectiva do mundo do indivíduo, onde estes podem ser definidos como conceitos que *“transformam o sistema cognitivo do aluno de tal maneira que permitam, de uma forma coerente, adquirir novos conhecimentos, por construção de novos significados, ou modificar os anteriores, por reconstrução dos significados”* (García Cruz, 1998).

evidências, de forma a compreender e a apoiar a tomada de decisões acerca do mundo natural e das mudanças nele efetuadas através da atividade humana”. Disponível em <http://www.pisa.oecd.org/>

⁸ Projeto fundado em 1985 pela *American Association for the Advancement of Science (AAAS)* a fim de que todos os americanos alcancem uma adequada instrução científica, matemática e tecnológica. Disponível em <http://www.project2061.org/>

⁹ Um outro trabalho que pode contribuir neste tópico é o de Oki (2002) onde é tratada a definição de elemento químico ao longo da história da química.

No presente trabalho se utilizará o livro ‘Lavoisier - O estabelecimento da química moderna’ como caso-exemplo das possibilidades de uso desta literatura como contribuição para a mudança do perfil conceitual químico dos alunos. Na tabela 01 pode-se identificar três regiões epistemológicas: visual/íntima; etéreo/intrínseca e atributiva/reducionista que podem ser discutidas sob os conceitos estruturantes encontrados no livro Lavoisier. Percebe-se nos exertos a seguir que na História da Ciência se encontram as mesmas regiões epistemológicas identificadas na literatura sobre concepções espontâneas. Neste sentido, a literatura de divulgação científica constitui-se como elemento de legitimação do saber de “senso comum” dos alunos, bem como sua re-significação mais próxima ao saber científico.

Um dos conceitos estruturantes que mais se destaca neste livro é a conservação da matéria, um conceito diretamente relacionado com a noção de descontinuidade da matéria (Pozo e outros, 1992) e que contribui para uma reconstrução do perfil conceitual químico dos alunos que apresentam uma concepção visual/íntima a respeito da constituição da matéria. No capítulo intitulado “O princípio da conservação da matéria” o autor inicia com a descrição do experimento que, supostamente, confirmava a transmutação da água em terra:

“Um dos experimentos mais conhecidos do início da carreira de Lavoisier deve-se a uma observação publicada pelo químico belga Jan Baptist van Helmont (1577-1644) mais de um século antes. Van Helmont plantou um salgueiro pesando 5 libras numa tina com 200 libras de terra. Durante cinco anos, regou-o pacientemente com água pura de chuva. Ao cabo desse tempo, o salgueiro pesava 269 libras e 3 onças. Como a quantidade de terra da tina permaneceu praticamente constante, o aumento de peso só podia ser atribuído, segundo Van Helmont, à água da chuva, ou seja, a água se transmutara em terra (considerando terra e sólido como sinônimos)” ps. 46-47 e, continua, ao escrever que esta convicção era reforçada *“pela observação de muitos químicos de que, ao ferver-se água por muitos dias num recipiente de vidro, produzia-se um resíduo sólido no fundo do frasco”* então, descreve como Lavoisier procurou comprovar esta idéia fervendo água durante dias num frasco (pelicano) :

“Lavoisier realizou o experimento em 1768, num pelicano de vidro, durante um período de 101 dias, pesando o conjunto antes e depois da operação em uma das primeiras de suas muitas balanças de alta precisão. Contrariamente à crença geral, o peso do conjunto era o mesmo no início e no fim. Evaporando a água, verificou que o resíduo sólido produzido correspondia ao material perdido pelo vidro do pelicano no processo” p. 47

é interessante notar aqui que a conservação da matéria está implícita nos experimentos de Lavoisier, como o autor argumenta em seguida (p. 48) *“vê-se que a idéia de conservação da matéria, comumente chamada de Princípio de Lavoisier, já era utilizada no trabalho de muitos cientistas”* e cita o que Lavoisier escreveu em seu *Tratado Elementar de Química*:

"podemos estabelecer como um axioma que, em todas as operações da arte e da natureza, nada se cria; uma quantidade igual de matéria existe antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem precisamente as mesmas; e nada ocorre além de variações e modificações na combinação dos elementos. Deste princípio depende toda a arte de executar experimentos químicos: devemos sempre supor uma igualdade exata entre os elementos do corpo examinado e aqueles dos produtos de sua análise". P. 49

concluindo que *“este enunciado foi mais tarde transformado nas frases populares, freqüentemente repetidas, mas que não são de sua autoria, de que "numa reação química, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma" ou "numa reação química, a massa dos reagentes é igual à massa dos produtos”*. Ou seja, o conceito de conservação da matéria é apresentado neste capítulo, mas o aspecto de sua (não) autoria também é destacado o que, além de facilitar ao aluno uma compreensão deste conceito, possibilita

a discussão do tipo “quem seria(m) afinal o(s) autor(es) da idéia da conservação da matéria?”¹⁰.

No capítulo ‘A descoberta de novos gases’ o autor apresenta as concepções que existiam na época a respeito do ar :

“A palavra gás foi criada por Van Helmont no século anterior, a partir do vocábulo grego correspondente ao nosso caos. O nome refletia bem as propriedades do estado físico dos gases, que não têm forma ou estrutura definidas. Todavia, os termos gás e ar continuaram a ser usados como sinônimos. Não se imaginava que houvesse gases diferentes do ar comum, muito menos que este fosse uma mistura de gases.” p.53

então descreve Joseph Black (1728-1799) “à época estudante de Medicina na Universidade de Edimburgo, apresentou uma tese de doutorado a respeito de experimentos com a substância *magnésia alba* e seus efeitos em Medicina. A *magnésia alba* é o que hoje designamos por carbonato de magnésio, uma substância alcalina suave, muito usada em Medicina na época”(p.53) e sua experiência:

“Black percebeu que, ao aquecer uma certa quantidade dessa substância, ela perdia massa. Corno não se produzia nenhum líquido ou sólido, a massa perdida só podia ser ar, ou gás. Além disso, a magnésia alba efervesce em presença de ácidos, liberando ar. O mesmo ocorria ao se usar outros álcalis semelhantes.” pág. 53

(Note a conservação da matéria ao postular que se perdera massa, mas que não produzira líquido ou sólido, então se produziu gás)

“Black concluiu então que os álcalis suaves como a magnésia alba, a potassa e a soda (nossos carbonatos de potássio e de sódio) fixavam o ar” idem e as novas constatações permitiram grandes conclusões :

“...aos poucos foi percebendo que aquele ar fixo era diferente do ar atmosférico. Ele correspondia, na realidade, ao mesmo gás que se obtinha ao queimar o carvão, ou àquele expirado na respiração humana, ou ao ar liberado na fermentação que produz a cerveja. A diferença entre o ar fixo e o ar atmosférico podia ser demonstrada facilmente: borbulhando-se ar fixo numa solução límpida de cal, formava-se imediatamente uma turvação branca (um precipitado de carbonato de cálcio, em linguagem moderna)... A conclusão de Black foi que o ar fixo é um novo gás, quimicamente diferente do ar atmosférico, o qual contém uma parcela ínfima dele.” p.54

Mais adiante apresenta resultados de outro pesquisador :

“Em, 1766, o químico inglês Henry Cavendish (1731-1810) (...) conseguiu isolar um segundo gás, que podia ser obtido a partir da ação dos ácidos sulfúrico ou clorídrico sobre vários metais como o ferro, o zinco ou o estanho. Por causa da propriedade que mais o impressionou, Cavendish denominou-o ar inflamável.” p.55 estando evidente que o ar era uma mistura de gases, Lavoisier em 1772 ...

“começou um estudo sistemático sobre a calcinação (...) pôs uma quantidade previamente pesada de fósforo numa cápsula de ágata dentro de uma campânula de vidro. Focalizando uma lente sobre o fósforo, provocou sua combustão, observando a formação de uma fumaça branca e espessa até a consumação do material. O pó branco formado, que ele denominava ácido fosfórico (chamado hoje de pentóxido de fósforo), foi dissolvido em água destilada. A solução resultante foi transferida para um balão, o nível da solução foi anotado e o conjunto pesado. Depois, o balão foi esvaziado, enchido com água destilada até o mesmo nível e também pesado. A diferença entre as duas massas é o peso do produto da combustão do fósforo, e este peso é maior que o do fósforo antes de queimar. Um experimento semelhante com o

¹⁰ Uma discussão mais completa a respeito das origens da idéia da conservação da massa está desenvolvida em Martins e Martins (1993).

enxofre levou a resultados parecidos, embora com menos precisão que no caso do fósforo.” (p. 56).

Lavoisier passa então para a seguinte etapa :

“A etapa seguinte era a operação inversa, ou seja, a redução de uma cal (óxido) ao metal correspondente. Essa operação foi feita com o litargírio (monóxido de chumbo). Num recipiente fechado, Lavoisier aqueceu uma quantidade conhecida de litargírio em presença de carvão. O metal se regenerou e formou-se uma grande quantidade de gás, que não era o ar atmosférico, mas o ar fixo de Black. Para nós, é fácil entender que o óxido de chumbo se reduziu ao metal por ação do carbono, que se combinou com o oxigênio formando dióxido de carbono.”
p. 57

Neste capítulo a série de experimentos realizados procura evidenciar que o ar atmosférico é uma mistura de gases e que estes apresentam massa, este é um conceito estruturante chave no entendimento na materialidade do ar e dos gases em geral.

Neste livro são destinados dois capítulos ao flogístico onde, no primeiro intitulado ‘A Química como ciência: Stahl e o flogístico’, este é apresentado :

“Trata-se da primeira teoria química capaz de prever qualitativamente vários fenômenos e, como tal, teve bom, êxito durante décadas, até ser substituída pela teoria de Lavoisier. A teoria do flogisto nos pode parecer totalmente equivocada, mas temos a vantagem de três séculos de conhecimento. Devemos entendê-la como um primeiro e grande esforço para a explicação científica de um dos processos mais importantes de transformação da matéria: a combustão. Em que consiste, pois, essa teoria? Stahl denominou o princípio da combustibilidade com uma palavra de origem grega, flogisto (usa-se também flogístico). Quando alguma coisa arde, perde flogisto” p. 28

seguindo-se de um exemplo:

“quando o carvão queima, sobram algumas cinzas; então, o carvão deve ser muito rico em flogisto, que se desprende durante a combustão. O que hoje denominamos óxido - palavra criada por Lavoisier - era chamado cal. Muitas cais metálicas (ou óxidos de metais) podem ser reduzidas, isto é, podem regenerar o metal de que se originaram, quando aquecidas a altas temperaturas em presença de carvão. Por exemplo, numa usina siderúrgica, a cal (ou óxido) de ferro produz, por esse método, o ferro em sua forma metálica.” p 29

em seguida surgem o que podemos chamar anomalias kuhnianas¹¹:

“A teoria de Stahl explicou satisfatoriamente um grande número de reações químicas. Mas havia uma dificuldade: a queima do estanho, do mercúrio e do fósforo, por exemplo, produz materiais sólidos mais pesados que os originais. Ao contrário, a queima do carvão e do enxofre deixa resíduos sólidos mínimos, muito menos pesados que as substâncias originais. Logo, a perda de flogisto durante a combustão ora produz resíduos mais pesados, ora menos pesados que o material original. Assim, a teoria do flogisto era razoável do ponto de vista qualitativo, mas quando se quisesse medir as massas envolvidas, isto é, trabalhar quantitativamente, chegava-se a um impasse. Como admitir que a perda do flogisto por um corpo podia, em alguns casos, diminuir e, em outros, aumentar a massa? Várias explicações foram aparecendo, mas nenhuma era de todo convincente. Dizia-se, por exemplo, que o flogisto era sui generis: podia às vezes ter massa positiva e, em outras, negativa. Dada a fragilidade desse raciocínio, cogitava-se que ele fosse uma entidade imponderável - cujo peso não tinha sentido querer determinar -, como a eletricidade, a gravidade ou o magnetismo. Para nosso entendimento moderno, e

¹¹ Segundo Thomas Kuhn (1990) são fatores que desestabilizam as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal.

mesmo para muitos dos contemporâneos, esse argumento era insatisfatório e procurava apenas fugir do problema.” p. 31

O flogisto é retomado no capítulo ‘A guerra final contra o flogisto’ e, como o título evidencia, Lavoisier lança-se numa ‘cruzada’ contra o flogístico:

“Em 1777, Lavoisier já estava completamente convencido de que a teoria do flogisto estava errada e, a partir de então, lançou uma verdadeira guerra contra ela, buscando persuadir o mundo científico de que sua nova explicação dava conta dos fenômenos de maneira cabal e abrangente, ao descrevê-los qualitativa e quantitativamente, isto é, o que eram e em que proporção ocorriam os fenômenos, através de um balanço rigoroso das quantidades envolvidas antes e depois das reações” p. 76

em seguida é transcrita uma declaração de Lavoisier à Academia :

"A existência da matéria do fogo, do flogisto, nos metais, no enxofre etc., não é, na realidade, mais que uma hipótese, uma suposição, que, uma vez admitida, explica é verdade, alguns fenômenos da calcinação e da combustão; mas, se eu mostrar que estes mesmos fenômenos podem ser explicados de uma maneira completamente natural na hipótese oposta, isto é, sem supor que exista flogisto nos materiais chamados combustíveis, o sistema de Stahl ficará abalado até seus fundamentos". P. 76

e a ‘conversão’ (ou não) de adeptos à sua teoria:

“A argumentação de Lavoisier, baseada em seus experimentos rigorosos, acabou por granjear adeptos à nova visão. Fora da França a conversão foi mais lenta. O bispo inglês Richard Watson (1737-1816), professor de Química na Universidade de Cambridge, publicou em 1781 uma obra intitulada Ensaio Químico, em que contra-argumentava nos seguintes termos: ‘Certamente os senhores não esperam que a Química seja capaz de apresentar-lhes um punhado de flogisto separado de um corpo inflamável; isso seria tão razoável como pedir um punhado de magnetismo, eletricidade ou gravidade extraído de um corpo magnético, elétrico ou pesado; existem poderes na natureza que não podem absolutamente tornar-se objetos dos sentidos, a não ser pelos efeitos que produzem, e o flogisto é desse tipo’.

Apesar de várias resistências dessa natureza, a explicação lavoisierana da combustão foi ganhando terreno e conquistando adeptos. Priestley foi a exceção mais notável, pois permaneceu fiel à velha doutrina de Stahl até sua morte, em 1804, nos Estados Unidos, para onde emigrou ao final do século, por razões políticas.” Ps. 77-78

Vemos, no final deste trecho, a relutância que uma idéia pode ter em ser aceita, apresentando a ciência com alguns de seus personagens e suas ‘teimosias’: os cientistas.

4. Considerações finais

Um especial enfoque pode ser dado na capacidade de transitar entre as observações fenomenológicas e o universo dos modelos, afinal compreender a abrangência e as limitações destes é de vital importância para o próprio entendimento da química. Se os alunos são persistentes em usar modelos que desconsideram a descontinuidade da matéria, é de se esperar que este pensamento pré-científico não mude caso não se apresentem argumentos satisfatórios. No caso do presente artigo, a própria literatura de divulgação científica, principalmente a com enfoque histórico, auxiliaria no sentido de estabelecer argumentos na própria história da química (Beltran, 1997).

Um dos aspectos do ideal de alfabetização científica é sua incompatibilidade com uma finalidade exclusivamente propedêutica¹² do ensino de ciências (Acevedo, 2004). Quanto à questão de aumento de conteúdo, não se trata do incremento dos aspectos históricos, trata-se, na verdade, de reorientar os conteúdos através de um fio condutor histórico. Assim, como proposta-guia, deve-se considerar os aspectos da construção dos conhecimentos, planejando os problemas a investigar: as possíveis idéias prévias dos alunos e a existência de algum paralelo com idéias vigentes em diferentes épocas, a introdução de conceitos que tiveram de ser superados e, entre outras coisas, as possíveis controvérsias que ao longo da história se têm gerado (Solbes e Traver, 2001). Segundo Gagliardi (1988): “*Um ensino fundado nos conceitos estruturantes reduz os temas a ensinar e permite dedicar mais tempo à capacidade dos alunos*” além de ser uma base para continuar aprendendo.

Novos rumos abrem-se com respeito à alfabetização científica, para a formação de cidadãos e cidadãs críticas e conscientes, através da associação do ensino formal e da literatura de divulgação científica. Deve-se entender que a divulgação “não é apenas página de literatura, na qual as imagens encontram as palavras (quando as encontram), mas exercício de reflexão sobre os impactos sociais e culturais de nossas descobertas” (P.17) conforme escrito por Candotti (2002) a respeito da responsabilidade social do cientista, sinalizando o papel deste na divulgação científica e da inserção contextualizada dos saberes científicos no cotidiano. A sala de aula é o local onde os saberes produzidos na academia podem encontrar o cotidiano dos alunos: a construção deste ‘espaço epistemológico’ pode ser o objetivo-chefe no uso da literatura de divulgação científica na sala de aula.

Referências Bibliográficas

- Abdalla, M. C. *Bohr: O arquiteto do átomo*. São Paulo: Odysseus, 2003.
- Acevedo, J.A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka*, **1**(1): 3-16, janeiro de 2004.
- Andrade, B. L. De; Zylbersztajn, A.; Ferrari, N. As Analogias e Metáforas no Ensino de Ciências À Luz da Epistemologia de Gaston Bachelard. *Ensaio*, **2**(02), dez. 2002.
- Bachelard, G. *A formação do Espírito Científico: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução: Estela Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- Bachelard, G. *A Filosofia do Não: A Filosofia do Novo Espírito Científico*. Tradução: Joaquim José Moura. Lisboa: Presença, 1991.
- Beltran, N. O. Idéias em movimento. *Química Nova na Escola*, nº5, maio 1997
- Benarroch, A. El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes em el área de la naturaleza corpuscular de la matéria. *Ensenanza de las Ciencias*. **18**(2): 235-246, junho de 2000.
- Blanco, A. Relaciones entre la Educación Científica y la Divulgación de la Ciência. *Revista Eureka*, **1**(2): 70-86, abril 2004.
- Calsamiglia, H. Divulgar: itinerários discursivos del saber. *Revista Quark*, nº 7. Disponível em <<http://www.imim.es/quark/7/estrella.htm>> Acesso em: 20/07/2005
- Candotti, E. Ciência na Educação Popular In: Brito, F.; Massarani, L; Moreira; I. de C. (Organizadores). *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Casa da Ciência - UFRJ, 2002. ps.15-24.
- Taber, K. Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure. Disponível em <<http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon2.htm>> Acesso em: 20/07/2005
- Fensham, P.J. Science for all: theory into practice. *Educación Química*, **6**(1): 50-54, Jan. 1995.
- Filgueiras, C. L. *Lavoisier - O estabelecimento da química moderna*. São Paulo: Odysseus, 2002.

¹² Em linhas gerais é o ponto de vista segundo o qual o ensino de ciências anterior à instrução universitária deve destinar-se aos conceitos essenciais para os estudos superiores (Acevedo, 2004).

- Gagliardi, R. Cómo utilizar la história de las ciencias en enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, **6**(3): 291-296, nov 1988.
- Gallegos – Cázares, L. E Garritz, A. Representación continua y discreta de la materia en estudiantes de química. *Educación Química*, **15**(3): 234-235, jul-set 2004.
- García Cruz, C.M. De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, **16**(2): 323-330, jun 1998.
- Gómez-Moliné, R.M. E Sanmartí, N. El aporte de los obstáculos epistemológicos. *Educación Química*, **13**(1): 61-68, jan-mar 2002.
- Justi, R. Afinidade entre substâncias. *Química Nova na Escola*, nº7, maio 1998.
- Justi, R.; RUAS, R. Mitraud.(1997). Aprendizagem de química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? . *Química Nova na Escola*, nº5, maio 1997.
- Kahn, F. *O átomo*. Tradução: Francisco Buecken. 7ª ed. São Paulo: Melhoramentos, 1964.
- Kuhn, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Tradução: Beatriz Boeira e Nelson Boeira. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva, 1990.
- Martins, R. e Martins L.(1993). Lavoisier e a conservação da massa. *Química Nova*, **16**(3): 245-256.
- Mortimer, E. Pressupostos Epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. *Química Nova*, **15**(3), 1992
- Mortimer, E. Concepções Atomistas dos Estudantes. *Química Nova na Escola*, nº 1, maio 1995.
- Mortimer, E.. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, nº 9, maio 1999.
- Mortimer, E.; Miranda, L. Transformações. *Química Nova na Escola*, nº 2, nov 1995.
- Oki, M. C. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, nº 16, nov 2002.
- Ozmen, H.; Ayas, A. Student's difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed system chemical reaction. *Chemistry Education: Research and Practice*, **4**(3): 279-290, 2003
- Pozo, J.L.; Gomez-Crespo, M.A.; Limon, M. E Sanz, A. La estructura de los conocimientos em química: una propuesta de núcleos conceptuales. *Investigación em la Escuela*, nº 18: 24-39, 1992
- Pozo, J.I.; Gutiérrez Julián; M.S. Gómez Crespo, M.A. Enseñando a comprender la naturaleza de la matéria: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, **15**(3): 198-209, jul-set 2004.
- Ron, J. M. S. Historia de la ciencia y divulgación. *Revista Quark*, nº 26. Disponível em <<http://www.imim.es/quark/26/Default.htm>> Acesso em: 21/07/2005
- Rosa, M. I.; Schnetzler, R. O conceito de Transformação Química. *Química Nova na Escola*, nº 8, nov 1998
- Sacks, O. *Tio Tungstênio: Memórias de uma infância química*. Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- Solbes, J. e TRAYER, M.J. Resultados obtenidos introduciendo História de la Ciencia en las clases de física y química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, **19**(1): 151-162, mar 2001.
- Stavy, R. Children's Conceptions of gas. *Int. J. Sci. Edu.* **10**(5): 553-560, 1988.
- Strathern, P. *O Sonho de Mendeleiev - A verdadeira história da química*. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: J. Zahar, 2002.