

# **CAPÍTULO 8**

**INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES SOBRE A  
NATUREZA DA CIÊNCIA DE ALUNOS DE QUÍMICA**

## **8 Investigação das concepções sobre a natureza da ciência dos alunos de Química**

Neste capítulo discutiremos os resultados obtidos na primeira parte da nossa pesquisa didática que teve como objetivo avaliar as concepções sobre a natureza da ciência dos alunos do curso de Química da UFBA. A investigação pretendeu responder às duas primeiras questões formuladas no início desta tese (Capítulo 1 - Introdução):

1. o referencial histórico-epistemológico contribui para o estudante adquirir uma imagem de ciência mais contextualizada, promovendo uma melhor formação inicial?
2. o conhecimento da História da Ciência e de controvérsias científicas pode ajudar o aluno na compreensão da natureza da ciência e de conteúdos de natureza epistemológica?

Para responder a estas duas questões desdobramos a problemática em algumas questões mais específicas:

- a) Qual o entendimento inicial que os alunos ingressos no Curso de Química da UFBA possuíam sobre alguns aspectos da natureza da ciência?
- b) Qual a compreensão que alguns alunos egressos do Curso de Química da UFBA tinham sobre alguns aspectos da natureza da ciência?
- c) Uma disciplina de História da Química, enfocando diretamente conteúdos epistemológicos, através uma abordagem de ensino explícita e reflexiva poderia contribuir para os alunos compreenderem melhor a natureza da ciência?
- d) A ênfase na abordagem explícita de uma controvérsia científica, dentro de uma disciplina de História da Química, seria adequada para promover a compreensão do processo de construção da ciência?

As duas primeiras questões (*a* e *b*) serão discutidas no item **8.1 Antecedentes da pesquisa didática realizada na disciplina História da Química**. A discussão das questões *c* e *d* será feita nos itens subseqüentes.

Para obtermos respostas para as questões *c* e *d*, elaboramos uma nova proposta de ensino, que foi aplicada numa disciplina obrigatória para o Curso de Licenciatura em Química da UFBA, tradicionalmente ministrada por dois professores, sendo um deles a autora desta tese.

Como foi visto anteriormente no capítulo 5, da metodologia, a disciplina escolhida para realização da pesquisa, História da Química (QUI 040), abordava essencialmente conteúdos de História da Química cronologicamente. A nova proposta, trabalhou esses conteúdos discutindo, em cada aula, simultaneamente e de forma articulada, dimensões da natureza da ciência. Todo o planejamento das aulas foi realizado para que diversas dimensões epistemológicas pudessem ser adequadamente contempladas. A discussão a seguir levará em conta o planejamento da disciplina no semestre 2005.1 (Quadro 3, a seguir) e a metodologia de pesquisa qualitativa utilizada.

No semestre 2004.1 fizemos um trabalho semelhante ao que foi realizado em 2005.1, que funcionou como um estudo piloto, possibilitando o aperfeiçoamento da metodologia de pesquisa e os instrumentos utilizados para o levantamento de dados. Algumas discussões do estudo piloto gravadas nas equipes serão apresentadas e comentadas, após terem sido identificadas, quando forem consideradas relevantes. O nosso objetivo, neste caso, era apresentar indícios que justificassem alguns resultados positivos obtidos também no estudo piloto realizado.

Quadro 3 - Resumo do planejamento semestral de aulas

Dimensões da análise/Contextos históricos	Objetivos	Questões problematizadoras	Principais Referências
<p><i>Origem do conhecimento científico</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>Os primórdios da química/ período das artes práticas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre as diferenças entre os vários tipos de conhecimento</li> <li>• Compreender a diferença entre conhecimento científico e saberes técnicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como os conhecimentos científicos têm origem?</li> <li>• Como você imagina que aconteceu a produção dos primeiros conhecimentos que hoje são chamados de químicos?</li> </ul>	GRANGER, G.G. <i>A Ciência e as ciências</i> . São Paulo: Editora da UNESP, 1994, cap.1, p. 24-36
<p><i>Concepção de ciência</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>A filosofia grega</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir o conceito de ciência</li> <li>• Identificar as características da Ciência Química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual a sua concepção de Ciência ?</li> <li>• Por que a Química é uma ciência?</li> </ul>	ANDERY, M. A. et al. <i>Para compreender a ciência</i> . São Paulo: EDUC, 1988, Introdução, p.11-18.  CHALMERS, A..F. <i>O que é ciência afinal ?</i> São Paulo: Brasiliense, 1993, p.17-22
<p><i>Demarcação entre ciência e não ciência</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>A Alquimia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre critérios de demarcação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A alquimia se constituía numa ciência? Explique.</li> </ul>	DUTRA, L.H. de A. <i>Introdução a teoria da ciência</i> . Florianópolis: Editora da UFSC, 1998, cap.1, p. 11-26  ALFONSO-GOLDFARB, A. M. <i>Da alquimia à química</i> . São Paulo: Nova Stella, Edusp, 1987, p. 231-264.
<p><i>A metodologia científica</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>A transição da alquimia para a química</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar as principais características do conhecimento científico</li> <li>• Reconhecer as diferentes formas de produção do conhecimento científico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe um método científico?</li> <li>• Se a sua resposta anterior for afirmativa, quais as etapas envolvidas neste método?</li> </ul>	MOREIRA, M. A. Sobre o ensino do método científico. <i>Caderno Catarinense de Ensino de Física</i> , v.10, n.1, p.108-117, 1993
<p><i>A experimentação na produção do conhecimento científico</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>A revolução científica nos séculos XVI e XVII</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir o conceito de experimentação na ciência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na sua opinião o que é um experimento?</li> <li>• O desenvolvimento do conhecimento científico sempre requer experimentos? Justifique</li> </ul>	ANDERY, M.A. et al. <i>Para compreender a ciência</i> . São Paulo: EDUC, 1988, cap.10, p.190-197.
<p><i>Relações entre hipótese, lei, teoria e observação</i></p> <p><b>Contextos históricos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A teoria do flogisto;</li> <li>• As leis de combinação química e a hipótese atômica no século XIX</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir o significado dos termos: hipótese, lei, teoria</li> <li>• Discutir a relação entre a observação e a teoria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na perspectiva da ciência, como você define: hipótese; lei e teoria</li> <li>• Qual a diferença entre teoria e lei (científicas)?</li> </ul>	KNELLER, G.F. <i>A ciência como atividade humana</i> . São Paulo: Zahar/Edusp, 1980, cap.6, p.122-154  OKI, M. C. M. <i>Controvérsias sobre o atomismo no século XIX : parte II</i> . Salvador, 2004.

<p><i>Imagem do cientista</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>A revolução científica de Lavoisier</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir o papel de Lavoisier na constituição da Química Moderna</li> <li>• Discutir a imagem do cientista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na sua opinião, qual a principal contribuição de Lavoisier para a Química Moderna ?</li> </ul>	<p>FILGUEIRAS, C. A. A revolução química de Lavoisier: uma verdadeira revolução? <i>Química Nova</i>, 16 (1), 1993.</p> <p>OKI, M. C. M. Paradigmas crises e revoluções: a História da Química na perspectiva kuhniana <i>Química Nova na Escola</i>, n.20, p.32-37, 2004.</p>
<p><i>O contexto da descoberta científica</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>A origem do conceito de átomo e do atomismo daltoniano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre a origem do conceito de átomo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O que você sabe sobre a origem histórica do conceito de átomo?</li> </ul>	<p>OKI, M. C. M. <i>Controvérsias sobre o atomismo no século XIX : parte II</i>. Salvador, 2004.</p>
<p><i>Os modelos na ciência</i></p> <p><b>Contexto histórico:</b></p> <p>Controvérsias sobre o atomismo no século XIX</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre a dificuldade de aceitação da realidade atômica no século XIX</li> <li>• Entender a relação entre modelo e realidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como você define um modelo científico?</li> <li>• Por que os modelos são usados na ciência?</li> </ul>	<p>OKI, M. C. M. <i>Controvérsias sobre o atomismo no século XIX : parte II</i>. Salvador, 2004.</p> <p>DUTRA, L.H. de A. <i>Introdução a teoria da ciência</i>. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998, cap.1, p.15-17.</p>

**Obs: Nesta página temos a continuação do Quadro 3: Resumo do planejamento semestral de aulas**

### **8.1 Antecedentes da pesquisa didática na disciplina História da Química**

Como um dos nossos objetivos era avaliar as imagens de ciências no decorrer da formação inicial, optamos por fazer também, o levantamento de algumas concepções sobre a natureza da ciência dos alunos que estavam ingressando no curso de Química. Elaboramos o questionário (ANEXO D), cujas questões foram formuladas a partir de consulta a outros questionários existentes na literatura (Quadro 2 / Capítulo 4), com algumas adaptações que se fizeram necessárias para atender aos objetivos específicos desta pesquisa.

O levantamento foi realizado com os alunos que estavam ingressando no Curso de Química da UFBA no semestre 2005.1, matriculados em uma das turmas da disciplina Química Geral I (QUI 134). A escolha da turma levou em conta uma maior aproximação com o professor que ministrava a disciplina naquela turma. Dos quarenta alunos que ingressaram no semestre 2005.1 no Curso de Química, vinte deles responderam ao questionário. Todos os alunos matriculados naquele semestre e que estavam presentes no dia da aula em que o questionário foi aplicado, concordaram em participar da pesquisa tendo respondido ao questionário.

Para identificar possíveis concepções sobre a natureza da ciência durante o curso de graduação, levantamos também, algumas concepções dos alunos egressos do curso de Química. Optamos por não utilizar com os graduados questionários, mas sim entrevistas, uma vez que, o número de alunos a serem pesquisados seria menor e este tipo de instrumento possibilitaria uma maior liberdade de expressão. Entrevistamos 06 alunos recém formados, com diferentes perfis, alguns bacharéis e outros licenciados. A escolha foi aleatória, entre alunos recém-egressos do Curso de Química, com os

quais tínhamos maior aproximação. Eles foram identificados por números de 1 a 6 e com as letras **AF** antecedendo o número para lembrar que já eram formados em pelo menos uma habilitação (Bacharelado ou Licenciatura).

O protocolo de entrevistas utilizado encontra-se no Anexo G. Mantivemos quase todas as questões contidas no questionário aplicado aos ingressos, a exceção daquela relativa à imagem do cientista, porque julgamos que o curso de graduação em Química consegue proporcionar um maior amadurecimento nesta concepção, em decorrência da vivência do aluno no ambiente universitário. Alguns dados levantados sobre o perfil desses alunos podem ser vistos na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2 – Perfis dos egressos do Curso de Química entrevistados**

Identificação do Aluno	Situação acadêmica	Ensinou ou pretendia ensinar Química ?	Cursou a disciplina História da Química?
AF1	Bacharel /Licenciando/ Mestrando	Não	Sim
AF2	Licenciado / Bacharelado	Sim	Sim
AF3	Bacharel	Não	Não
AF4	Bacharel / Licenciando	Talvez	Sim
AF5	Licenciado / Mestrando	Sim	Sim
AF6	Bacharel / Licenciando	Talvez	Sim

O tratamento dos dados envolveu a análise qualitativa e consistiu na construção de categorias que emergiram das respostas dos alunos às questões formuladas. Nesta etapa da pesquisa, o ‘corpus’ da análise consistiu das respostas dadas aos questionários pelos alunos ingressos e das entrevistas feitas com os egressos.

Considerando que inúmeros aspectos da natureza da ciência poderiam ter sido contemplados nas atividades de ensino-aprendizagem durante toda a formação inicial, optamos por escolher algumas dimensões epistemológicas a serem privilegiadas na

nossa análise, para que o trabalho não se tornasse muito amplo. Nesta parte foram selecionadas 05 dimensões de análise:

1. A concepção de ciência
2. As metodologias científicas
3. A imagem do cientista
4. A relação entre teorias e leis científicas
5. A questão da realidade dos átomos e o significado de modelo na química

Na Tabela 3 encontram-se as *categorias emergentes* sobre a *concepção de ciência* identificadas entre os alunos ingressos e o número de alunos enquadrados em cada categoria. Para facilitar a leitura identificamos cada categoria com uma letra e um número, ou seja: **CN**; **C**=categoria e **N**=número de identificação

### Primeira dimensão: a concepção de ciência

**Tabela 3 - Concepção de Ciência (alunos ingressos)**

**Questão: Para você. O que é ciência?**

<b>Categorias</b>	<b>Número de alunos</b>
<b>C1-</b> <i>Estudo e/ou pesquisa</i> dos fenômenos, de tudo o que nos cerca e que compõe o Universo	08
<b>C2-</b> É a <i>busca de explicações</i> , de respostas e soluções para os acontecimentos, fenômenos, fatos etc.	07
<b>C3-</b> <i>Maneira racional</i> de observar, descrever e explicar a natureza e seus fenômenos	02
<b>C4-</b> <i>Conjunto de atividades</i> que visa transformar e quantificar os constituintes da natureza	01
<b>C5-</b> A ciência é <i>um método</i> de observar e organizar conhecimentos de forma a torná-lo acessível e reprodutível	01
<b>C6-</b> É <i>tudo o que acontece</i> em nossa volta, é transformação	01

Nos resultados obtidos percebemos que a maior parte dos alunos (16 alunos/ 80%) que estava ingressando no curso de Química e responderam ao questionário,



compreendiam a ciência como *estudo, pesquisa ou busca de explicações para fatos, fenômenos, acontecimentos (C1,C2)*; ou seja, predominava a idéia de ciência como *atividade de investigação* (estudo, pesquisa, busca de explicações etc.) ou *um conjunto de atividades desenvolvidas (C4)*, o que revela o predomínio de concepções simplistas de ciência. Concepções mais restritas de ciência como *método (C5)* ou como *maneira racional de descrever ou explicar a natureza (C3)*, também foram identificadas. Por outro lado, apareceu também uma concepção muito ampla: *‘tudo que acontece em nossa volta’(C6)*. A diversidade de concepções era esperada, uma vez que, reconhecemos a complexidade envolvida na definição do que seja ciência (Capítulo 3), no entanto, não identificamos de forma explícita a compreensão da ciência como *um ‘processo sócio-histórico’* de investigação dos fenômenos, dos fatos ou do mundo natural, ou respostas com um maior grau de elaboração.

Esta situação não parece ser muito diferente daquela identificada ao final da formação inicial, mesmo considerando-se que os alunos egressos eram de outra amostra, como podemos observar através de dois trechos selecionados de entrevistas realizadas com alunos graduados dos cursos de Química (Tabela 2).

O aluno AF5 já era formado em Licenciatura em Química e estava cursando o mestrado em Química. Em um dos trechos da sua entrevista ele reconhecia a dificuldade em definir ciência considerado como *“um conceito muito relativo”*, no entanto, quando indagado sobre porque a Química é uma ciência, revelou uma concepção simplista de ciência como *“um conjunto de teorias, de hipóteses, de fatos”* que visam a comprovação:

Para definir ciência [...] até certo ponto *é um conceito muito relativo* mas, apesar de eu considerar um conceito muito relativo, levando em conta que a *ciência é um conjunto de teorias, de hipóteses, de fatos que venham a comprovar a existência de algo*, eu considero que, por isto a Química é uma ciência[...] (AF5)

Outro aluno AF6, tinha concluído o Bacharelado em Química e estava complementando os créditos e carga horária das disciplinas da Licenciatura em Química. Ele concebia a ciência simplesmente como estudo, mesmo a reconhecendo como uma atividade complexa e que busca 'desvendar' a própria vida.

*A ciência busca desvendar a natureza humana, é um estudo complexo do que o homem é hoje e do que era antes. A ciência se preocupa em desvendar como nós surgimos, como foi que o homem surgiu.* (AF6)

Para justificar porque a Química era uma ciência o egresso/bacharel AF1, se apoia na concepção de que a ciência tem que estar associada a um método científico, considerado como *“o método melhor elaborado pelo homem”*.

Eu acho que a química é uma ciência porque trata-se de um estudo sistemático, segue o método científico e você consegue através de teorias desenvolvidas pela química transformar em produto de ação social em massa, consegue realmente modificar todo o mundo em que agente vive. Por isso que eu acho que a química é uma ciência, *porque ciência tem que estar associado a um método científico* que, ao meu ver, *é o método melhor elaborado pelo homem para poder construir um novo conhecimento.*(AF1)

Nesta fala, AF1 deixa implícito a sua crença na existência de um método científico e na sua superioridade em relação a outros possíveis métodos. A credibilidade da ciência parece decorrer da utilização do método científico.

Para identificar os critérios de demarcação utilizados pelos alunos, usamos como questão problematizadora a possível cientificidade da alquimia, possibilitada pela

pergunta: *De acordo com o que você sabe sobre a alquimia, você acha que ela se constituía numa ciência?*

A maior parte dos alunos ingressos (16 alunos/80%) considerava que a alquimia não era ciência e diferentes justificativas foram apresentadas para esta concepção. Alguns trechos das respostas dadas selecionados encontram-se a seguir.

A alquimia não era uma ciência porque:

- *“Não tinha método científico”;*
- *“Era muito mística”;*
- *“Não explicava as manipulações realizadas”;*
- *“Não fazia estudos precisos e reprodutíveis”;*
- *“Não utilizava métodos racionais”;*
- *“Produzia conhecimento restrito a poucos”;*
- *“Os alquimistas eram bruxos”.*

Verificamos que nestas visões distorcidas sobre o que foi a alquimia encontram-se implícitas concepções equivocadas sobre os critérios de demarcação da ciência. Não parece existir o reconhecimento da produção do conhecimento científico como uma construção humana contextualizada.

Na visão tradicional de ciência, a atividade científica é vista como independente das relações sociais. O conhecimento científico é considerado seguro porque é baseado em evidências observacional e experimental. Esta imagem tem uma forte influência de correntes epistemológicas como o positivismo; o neopositivismo e o empirismo lógico e os seus reflexos no ensino de ciência e nas imagens de ciência dos alunos. Nesta perspectiva, os enunciados da ciência se fundamentariam, em última

instância, nos fatos, nos dados da experiência. A ciência seria, portanto, portadora de verdades inquestionáveis (SALMON, 2000).

Dos seis alunos egressos, todos consideravam a Alquimia como ciência, já expressando uma visão mais contextualizada da Alquimia. Dois depoimentos desses egressos foram selecionados sobre esta pergunta. O aluno AF3 não havia cursado História da Química enquanto AF2 cursou, o que poderia justificar a melhor elaboração da sua resposta.

Antigamente as coisas eram descobertas ao acaso, nem por isso deixa de ser considerado ciência. A alquimia não tinha uma fundamentação teórica. *Hoje agente tenta criar a teoria a partir de experimentos*, no entanto, eu acho que para aquela época ela (*a alquimia*) seria considerada como ciência, no entanto, para os critérios de hoje não poderia ser considerada como ciência.(AF3)

Eu acredito que a alquimia pode ser considerada como uma ciência porque houve todo um estudo; ela tinha determinados objetivos e se chegou a conhecer muitas coisas. Houve todo um trabalho experimental, semelhante ao que é feito hoje na própria Química, embora tivesse um lado religioso. Até mesmo o objetivo em si do trabalho deles diferia muito do que se faz hoje, da parte experimental da química de hoje que tem um objetivo mais tecnológico e industrial, que não é o que eles tinham. Mas por usarem de trabalhos experimentais tentando explicar tudo, eles também procuravam fazer isso, explicar os fenômenos durante a experimentação. Portanto, eu veria todo este trabalho como ciência. (AF2)

Mesmo expressando a concepção de que alquimia era uma ciência, o aluno AF3 parece acreditar que os critérios de cientificidade de hoje são mais rigorosos porque as teorias são obtidas dos experimentos, o que não aconteceria naquele período: “*a alquimia não tinha fundamentação teórica*”. Esta fala revela uma visão empirista, que parece depositar na experimentação científica a responsabilidade pela credibilidade da ciência atual.

## Segunda dimensão: as metodologias científicas

Para abordar esta segunda dimensão formulamos a seguinte pergunta:

- *Existe um método científico? Se a sua resposta for afirmativa, quais as etapas envolvidas neste método?*

A maioria dos alunos ingressos (19 alunos/95%) respondeu afirmativamente a esta pergunta, citando diversas etapas como constituintes deste método, como pode ser visto na Tabela 4 a seguir:

**Tabela 4 - Etapas do método científico**

<b>Etapas do método científico mais citadas</b>	<b>Número de vezes que foi citada</b>
Teorização/ teoria	12
Observação	11
Experimentação/Experimento	09
Confirmação/Comprovação	07
Hipótese	05
Lei	03
Dedução	02
Explicação	02
Levantamento de Dados	02

A teorização(12), a observação(11) e a experimentação(09) foram as etapas mais citadas. Apenas um único aluno respondeu negativamente à pergunta, tendo a sua resposta revelado uma surpreendente visão anárquica, que não admitia a existência de métodos para se chegar ao conhecimento científico: *“Não existe um método científico. Existem certos conhecimentos em relação à ciência, ela abarca muitos tópicos e isso faz com que seja impossível impor métodos.”*

A crítica a métodos rígidos de procedimentos na ciência é hoje reconhecida no âmbito da Filosofia da Ciência. Uma visão “anarquista” sobre a metodologia científica não significa, no entanto, a inexistência de métodos mas a defesa de uma diversidade

de métodos. A necessidade de violação das regras de pesquisa para o progresso científico é uma das principais questões propostas por Paul Feyerabend no seu livro *Contra o Método*. No trecho a seguir Feyerabend (1989, p.34) defende o seu ponto de vista: *“Mesmo uma ciência que se pautar pelo bem ordenado só alcançará resultados se admitir, ocasionalmente, procedimentos anárquicos.”*

Nas entrevistas que fizemos com os alunos graduados verificamos que todos concordavam que existia um método científico, mesmo que alguns reconhecessem a flexibilidade deste método em função da área de pesquisa. A idéia que predominava era de que o método científico é uma seqüência de passos ou etapas, que necessariamente pode conduzir a uma descoberta científica, a um resultado positivo ou a uma conclusão. Alguns alunos reconheciam, no entanto, a não rigidez desse método. Este ponto de vista pode ser identificado em alguns trechos selecionados das entrevistas dos alunos AF3 e AF1, vistos a seguir:

Eu acredito sim, que tem um método científico, até porque existe uma disciplina, em alguns cursos sobre a metodologia científica; não sei se criaram porque acharam pertinente se colocar lá para facilitar o entendimento dos alunos de ciências; mas existem etapas que quase todo mundo que trabalha com ciência tem que fazer realmente, como a observação, coleta de dados e avaliação de dados, tratamento dos resultados e no caso escrever um relatório ou uma discussão sobre todos aqueles dados que você colheu e tratou. Então todos os cientistas trabalham pelo menos nesta mesma linha de pensamento.(AF3)

Eu acho que deve ter um método científico, ele deve ser o mais geral possível, o mais universal possível, as etapas que formam o método científico, não necessariamente tem de ser igual para todas as áreas, as principais, por exemplo, a observação, acho que qualquer área que seja tem que começar observando o fenômeno e levantando as hipóteses. Em qualquer área que se esteja tem que se levantar hipóteses, o preparo para a experimentação independente da ferramenta. Eu acho que o químico utiliza o laboratório para a experimentação, mas a área social também tem que utilizar ferramentas que incluam a experimentação delas e o desenvolvimento da teoria através dos resultados encontrados. Eu não consigo visualizar uma forma mais compacta e coerente que se consiga traduzir num produto científico, sem passar por estas etapas, agora a exigência de uma etapa a

mais ou a menos vai depender de cada área realmente para se adaptar mas, acredito que um método científico deve haver em todas as áreas do conhecimento.(AF1)

O egresso AF1 explicita a idéia que o método científico começa na observação e a importância que lhe é concedida na produção do conhecimento científico. Os alunos/egressos não pareciam reconhecer a impossibilidade de uma observação neutra. As falas ratificam a predominância de uma concepção empirico-indutivista, amplamente assinalada na literatura, mesmo que em alguns casos, como o do aluno AF1, a importância das hipóteses seja reconhecida, revelando uma visão mais racionalista que admite o papel articulador da hipótese entre a teoria e a observação e experimentação: “[...]acho que qualquer área que seja tem que começar observando o fenômeno e levantando as hipóteses”.

Já existe algum consenso no campo da Didática da Ciência de características consideradas essenciais no trabalho científico, entre elas, o reconhecimento das hipóteses como orientadoras da procura de dados. Uma visão consensual sobre este assunto entre pesquisadores desse campo foi possibilitada por elaborações produzidas por epistemólogos. Existe o reconhecimento que não se pode menosprezar a obtenção de evidências experimentais em condições bem definidas e controladas na investigação científica, no entanto, a colocação de hipóteses e modelos é imprescindível neste processo (CLEMINSON, 1990; DUSCHL;GUITOMER, 1991; HODSON, 1985, 1992, 2000; GIL-PÉREZ , 1996; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

A crítica ao procedimento indutivo de se chegar às teorias a partir de dados recolhidos anteriormente, tem sido uma questão merecedora de muita discussão na Filosofia da Ciência do século XX por vários filósofos. O trecho selecionado a seguir apresenta algumas ponderações de Popper sobre esta questão:

[..] de um ponto de vista lógico está longe de ser óbvio que estejamos justificados ao inferir enunciados universais a partir dos singulares, por mais elevado que seja o número destes últimos, pois qualquer conclusão obtida desta maneira pode sempre acabar sendo falsa: não importa quantas instâncias de cisnes brancos possamos ter observado, isto não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos (POPPER, 2001, p.263).

### Terceira dimensão: A imagem do cientista

Para identificar a visão dos alunos ingressos em relação ao papel do cientista formulamos a seguinte questão: *qual a imagem que você tem de um cientista?* Esta pergunta não foi feita aos alunos egressos como justificamos anteriormente. Na Tabela 5 encontram-se as principais categorias construídas das respostas obtidas:

**Tabela 5 - Imagem do cientista (alunos ingressos)**

**Pergunta: Qual a imagem que você tem de um cientista?**

<b>Categorias</b>	<b>Número de alunos</b>
<b>C1-</b> Busca novos conhecimentos, explicações dos fenômenos naturais, guiado pela sua curiosidade, intuição, etc	08
<b>C2-</b> Dedicar o seu tempo à pesquisa, estudo e explicação de algo	04
<b>C3-</b> Altamente introspectivo, sem vínculos familiares, anti-social, sem amigos	02
<b>C4-</b> Indivíduo com grau de conhecimento enorme sobre o assunto que estuda, sensato, responsável, ético e que pensa nas consequências das suas pesquisas	01
<b>C5-</b> Promove pesquisa e desenvolve a ciência	01
<b>C6-</b> Curioso, inteligente, observador, inquieto, persistente e inventivo	01
<b>C7-</b> Jaleco branco, óculos no rosto, alguma ferramenta simples da sua área nas mãos, canetas e/ou lapiseiras no bolso, fala interessante e com raciocínio rápido	01
<b>C8-</b> Um intelectual	01
<b>C9-</b> Indivíduo que procura através de estudos facilitar a vida ou até mesmo trazer soluções para certos problemas	01

As categorias identificadas para a imagem do cientista deixam transparecer uma visão individualista e de certa forma elitista do seu trabalho (**C3, C4, C6, C7, C8, C9**). Muitas qualidades foram atribuídas aos cientistas, que parece ser portador de uma inteligência superior (**C4, C6, C7, C8**). Esta é considerada uma visão deformada do cientista, que costuma ser transmitida pelo ensino tradicional de ciência e pela mídia,



que destacam o trabalho individual do cientista, suas qualidades e o apresenta de forma estereotipada, ignorando o papel do trabalho coletivo e cooperativo necessário à produção, validação e difusão do trabalho científico (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

#### **Quarta dimensão: A relação entre teorias e leis científicas**

Para mapear como os alunos compreendiam a diferença entre os conceitos de lei e teoria, formulamos a seguinte questão: *você acha que há diferença entre uma teoria e uma lei científica? Explique.*

As respostas foram agrupadas e categorizadas, podendo ser vistas na Tabela 6 a seguir:

**Tabela 6 - Diferença entre lei e teoria científica (alunos ingressos)**

**Pergunta: Qual a diferença entre uma lei científica e uma teoria científica? Explique.**

<b>Categoria</b>	<b>Número de alunos</b>
<b>C1-</b> A lei já foi comprovada através de experimentos e a teoria ainda não foi comprovada é uma suposição, não tem a força da lei	04
<b>C2-</b> A lei científica é uma teoria que já foi estudada, repetida diversas vezes com resultados satisfatórios e comprovada por um conjunto de cientistas	01
<b>C3-</b> A lei científica é algo imutável, fechada, consagrada como correta, já a teoria é uma tentativa de explicação podendo ser contestada, modificada, é aberta	04
<b>C4-</b> Lei científica é uma norma estabelecida pela ciência, algo que já foi provado, enquanto a teoria científica será experimentada a fim de ser provada	01
<b>C5-</b> Uma lei é apenas uma descrição de um fato observado, uma teoria é um conjunto de informações que engloba várias leis	03
<b>C6-</b> Uma lei científica precisa ser testada várias vezes para ser verdadeira e torna-se uma teoria, a qual é aceita pela comunidade científica	01
<b>C7-</b> A teoria você ainda não tem certeza de que ela realmente é verdadeira, após testar, se ela se confirma vira uma lei científica	02
<b>C8-</b> Uma lei posta a prova dará os resultados esperados, dentro do que antes tinha sido estabelecido. Uma teoria é usada para explicar fatos que ocorrem e seguem um padrão, uma linha de resultados	01
<b>C9-</b> As leis científicas fazem parte das teorias científicas e são pressupostos fundamentais para o desenvolvimento das mesmas	01
<b>C10-</b> A lei é o resumo de dados de uma certa observação e a teoria é a tentativa de explicação, por meio de modelos, observações feitas no momento e em observações futuras	01
<b>C11-</b> Não existe nenhuma diferença, pois as duas estão em teste e poderão ser abandonadas se outra melhor for desenvolvida	01

A idéia predominante (11 alunos / 55%) é que a lei é superior à teoria, seja porque já foi comprovada, sendo portanto correta e fechada ou porque é imutável, não cabendo modificações (**C1, C2, C3, C7**). Considera-se, por outro lado, que a teoria ainda está em teste, podendo se modificar, o que justificaria a sua abertura ou menor importância (**C1, C3, C7**). Outro ponto de vista observado é a possibilidade de mutabilidade entre a lei e a teoria: tanto aparece a idéia de que a teoria após os testes e a confirmação pode ser considerada uma lei, como de que a lei após ser testada e confirmada torna-se uma teoria:

*-"A lei científica é uma teoria que já foi estudada, repetida diversas vezes com resultados satisfatórios e comprovada por um conjunto de cientistas".(C2)*

-*“Uma lei científica precisa ser testada várias vezes para ser verdadeira e torna-se uma teoria, a qual é aceita pela comunidade científica”.*(C6)

Nas entrevistas com os egressos percebemos que alguns equívocos ainda estão presentes em relação a este assunto, como pode ser observado nos trechos das falas dos três alunos citadas a seguir:

Eu acho que uma lei é específica, uma lei não precisa envolver todos os sistemas que estejam relacionados com ela, podendo ser muito específica e voltada para determinados sistemas; uma teoria não, ela tem que envolver todos os sistemas que estejam enquadrados naquelas posições em que a teoria se aplica. Eu acho que a teoria é ampla, se fosse classificar em conjuntos seria o conjunto da teoria com subconjuntos, cada subconjunto correspondendo a uma lei (AF1)

A teoria seria uma explicação que é dada, mas onde se segue procurando a partir dela encontrar determinadas conclusões. Mas a lei é uma coisa dada como certa, não é mais uma tentativa de explicação ou alguma coisa assim, mas já é algo dado como certo, que pode se seguir sem ter dúvidas.(AF2)

A teoria seria mais um conjunto amplo, universal, que fechasse tanto a sua hipótese levantada ou as hipóteses levantadas e que a lei viesse regulamentar, comprovar ou normatizar estas hipóteses, para junto, aí sim, formar um conjunto mais amplo que seria mais as teorias que poderiam comprovar a existência do todo(AF5)

A principal idéia entre os egressos é que as leis e teorias são desenvolvidas para prever e explicar os dados observacionais. Transparece alguma hierarquização entre lei e teoria com a atribuição de um maior grau de certeza à lei do que à teoria, mesmo que a teoria seja considerada como mais ampla que a lei. No entanto, alguma confusão ficou evidente quando o aluno AF6 conclui a sua fala (a seguir) considerando que: lei e teoria *“é a mesma coisa”*.

Porque a lei é resultado de várias observações e a teoria também é de observações, fica meio complicado diferenciar lei de teoria porque todas as duas estão com o mesmo objetivo, justificar com equações e com observações que foram feitas sobre algo. Não teria muita diferença entre lei e teoria, ou é a mesma coisa.(AF6)

Mesmo reconhecendo a existência de divergências sobre o significado de leis e teorias científicas nos diferentes campos do conhecimento, no âmbito da filosofia da ciência contemporânea (KNELLER, 1980; LEDERMAN *et al.*, 2001) aceita-se que as teorias são tentativas de explicação dos fenômenos, enquanto que as leis expressam, através de descrições e generalizações, relações entre os fenômenos.

As leis e teorias são importantes produtos da ciência e estão presentes nos materiais didáticos usados no ensino de ciências, no entanto, existe pouca preocupação em se discutir os significados destes termos para que haja uma adequada compreensão dos mesmos ou de se tomar a estrutura e funcionamento da Ciência para discussão durante a formação científica.

#### **Quinta dimensão: A relação entre os modelos e a realidade**

Para identificar como os alunos compreendiam a realidade do mundo da ciência e qual a concepção de modelo científico que predominava, formulamos duas questões:

- 1) Você acha que os átomos são objetos reais ou ideais da ciência?
- 2) Para você, qual o significado da palavra modelo, na ciência?

Em relação à primeira questão, 17 alunos ingressos (85%), consideravam que os átomos são objetos reais. Este percentual não nos surpreendeu, uma vez que, a literatura tem registrado que o ensino tradicional de ciência transmite, predominantemente, uma concepção realista ingênua da forma como a ciência compreende o mundo real. Os três alunos que achavam que os átomos não eram objetos reais justificaram a sua resposta de forma semelhante, com a afirmação que:

“os átomos não são reais (são ficções) porque ninguém nunca os viu”. Percebemos que existe a crença na existência de entidades tais como átomos, elétrons, neutrons, etc., independente das teorias ou dos instrumentos tecnológicos que são utilizados para identificá-las, caracterizá-las e descrevê-las. Outro ponto que parece evidente é a crença na existência do mundo independente de nós. Um dos alunos assim justificou a sua aceitação da possível realidade do átomo, manifestando a sua forte crença na sua existência : “*não acreditar nos átomos é não acreditar na nossa própria existência*”.

Na filosofia da ciência contemporânea tem havido muita discussão sobre a relação entre a ciência e a realidade que ela tenta descrever e explicar. Existe o reconhecimento da complexidade presente neste debate, que traz como consequência a proposição de diferentes níveis de realismos. A posição sustentada pelo realismo ingênuo é a da existência da realidade, independente da nossa cognição, cabendo a ciência descrevê-la fielmente.

Embora os alunos graduados tenham se referido mais a idéia de modelo científico, em especial aos modelos atômicos, ainda predominava a crença na realidade do átomo:

Acredito que eles (*os átomos*) são reais sim, até porque todas as teorias criadas até hoje conseguem explicar a essência deles, da forma que seja mas agente consegue entender toda a matéria existente através da essência deles. Então, mesmo não sendo visível, assim como a sociedade não é visível, agente acredita nela e consegue ver tudo que ela é capaz de fazer, no entanto, a gente não precisa enxergar tudo mas entender aquilo que ela é capaz de construir.(AF3)

Os átomos existem, não são ficções, mas não se sabe exatamente como é a forma deles, a estrutura deles, não foi possível ainda ver.(AF6)

Apenas um dos seis alunos graduados (AF5) não considerava os átomos como objetos reais, mas imaginários, reconhecendo o átomo como “*algo fictício, mas de grande utilidade*”. A idéia que a ciência cria entidades que não precisam necessariamente existir revela, em alguma medida, uma perspectiva anti-realista, mesmo que carecendo de uma maior precisão.

Não só os átomos, mas algo mais na ciência, na própria química em si é imaginário, se imagina dessa forma para tentar amarrar os conceitos ou uma determinada teoria, para também não ficar vago, então eu considero, é claro, *o átomo como algo imaginário*. É por isso que às vezes, o que tem lá como definição de que: seriam partículas indivisíveis, ou infinitas, se é infinito não tem tamanho, logo é imaginário. É como o nosso pensamento, a nossa imaginação, seria *algo fictício, mas de grande utilidade*, não é algo real. (AF5)

Entre os educadores em ciência, existe o reconhecimento de que os modelos são importantes produtos da ciência. Na perspectiva da Filosofia da Ciência o significado de modelo não é consensual. Na área da Química os modelos podem ser tomados como representações de idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas.

Levando em conta as considerações anteriores e para aprofundar a compreensão das operações de descrever, explicar, compreender e representar o mundo físico na ciência, fomos investigar como os alunos ingressos compreendiam o significado de modelo científico. A nossa expectativa era que as concepções realistas ingênuas fossem predominantes. De acordo com o realismo ingênuo a realidade existe independentemente de ser percebida ou compreendida e as afirmações da ciência são tomadas como verdades inquestionáveis.

As respostas dos alunos foram agrupadas e as principais categorias encontradas podem ser vistas na Tabela 7 a seguir:

**Tabela 7 - Significado de modelo científico (alunos ingressos)**

**Pergunta: Para você, qual o significado da palavra modelo na ciência?**

<b>Categorias</b>	<b>Número de alunos</b>
<b>C1-</b> Algo que ilustra determinado fato	02
<b>C2-</b> Algo que não pode ser comprovado experimentalmente	01
<b>C3-</b> Uma referência que serve como base para se obter outras verdades	02
<b>C4-</b> Um método que deve ser seguido para que se obtenha resultados mais satisfatórios	01
<b>C5-</b> Desenho, figura, molde ou ilustração que tenta explicar os fenômenos, o mais próximo possível do real	04
<b>C6-</b> São formas diferentes de se explicar um mesmo fenômeno, através de uma teoria	04
<b>C7-</b> É tudo aquilo que se assemelha ou se aproxima do real	02
<b>C8-</b> É uma cópia de um objeto.	01
<b>C9-</b> São representações através de pinturas ou desenhos ou mesmo equações químicas de um fenômeno	01
<b>C10-</b> Outros/Confusos	02

Muitos alunos (09) compreendiam os modelos como formas de explicar os fenômenos através de representações como: desenho, figura, pintura, molde, ilustração ou mesmo de teorias (**C5, C6, C9**). A idéia predominante é que o modelo ou representação deva ser a mais próxima da realidade (**C5, C7**), uma vez que, comumente, existe a crença que as entidades representadas existem, mesmo que não sejam diretamente visualizadas, como acontece com os átomos. Em menor extensão apareceu a concepção de modelo como *cópia de um objeto* (**C8**) ou outras concepções pouco comuns como de *ilustração, referência ou método* (**C1, C3, C4**).

Os modelos são importantes ferramentas usadas no ensino da química que possibilitam a articulação entre o referencial teórico e o empírico, os níveis

macroscópico e microscópico e representando aspectos do mundo para vários propósitos.

Os alunos graduados referiam-se aos modelos como representações de idéias e de entidades abstratas (AF1; AF2; AF6). O aluno AF6 explicitou a idéia de modelo como uma representação mais racional, citando a equação química como um modelo matemático, no entanto, de forma concomitante, apresenta uma concepção de modelo fundamentada no senso comum, como um referencial.

Se formos mesmo ao pé da letra eu acho que modelo é tudo que você quer representar no papel, e você pode representar no papel qualquer idéia que você tenha, isto pode ser transformado num modelo, no caso no modelo científico...(AF1)

[...] o modelo seria então uma representação de uma teoria de forma a se visualizar o fenômeno, a se trazer para o fenômeno propriamente dito.(AF2)

Modelo é tudo que representa aquilo que você matematizou e observou, modelo é tipo a família, você tem o pai e a mãe como modelo, então o que você quer ser futuramente tem que ser igual ao seu pai, então a pessoa para você aprender alguma coisa você tem que ter alguma coisa em mente, um referencial e *um referencial é um modelo*, é o modelo que lhe diz tudo.(AF6)

A presença de concepções conflituosas entre os alunos, evidencia a existência de dúvidas ou idéias confusas sobre o significado de modelo científico, indicando a necessidade da incorporação de discussões sobre a natureza da ciência na formação inicial. A identificação das concepções dos alunos ingressos e dos egressos confirmou, em certa medida, a nossa expectativa inicial sobre a presença de concepções sobre a natureza da ciência simples ou ingênuas durante toda a graduação. Este resultado ratifica a dificuldade detectada no ensino de ciências tradicional para possibilitar concepções que reflitam posições de consenso no âmbito das Filosofias da Ciência do século XX, relacionadas a fundamentos metodológicos e epistemológicos da ciência contemporânea.



## **8. 2 O resultado da primeira parte da pesquisa didática na disciplina**

### **História da Química**

A seguir apresentaremos os resultados da nossa intervenção na disciplina História da Química, usando questões relacionadas à Filosofia da Ciência, em diferentes contextos sócio-históricos, para problematizar e discutir de forma explícita sobre a natureza da ciência. Durante o curso, priorizamos algumas categorias epistemológicas previamente definidas, que foram analisadas após sua subdivisão em diferentes dimensões (Quadros 4, 5 e 6). Embora tenhamos abordado um maior número de aspectos da natureza da ciência durante as aulas, as prioridades e recortes foram necessários para que a análise dos dados não se tornasse muito ampla. Levamos em conta a importância conferida a alguns destes aspectos pela comunidade de pesquisadores e educadores em ciências.

Como foi visto no item 8.1, para levantar o conhecimento prévio dos alunos, utilizamos pequenos questionários com perguntas abertas (questões problematizadoras: Quadros 3). Tais questões foram respondidas em dois momentos, pré e pós discussão e as respostas analisadas através de tratamento qualitativo. A metodologia envolveu a construção de categorias emergentes das respostas dos alunos antes e após a discussão e sua posterior comparação. O número de alunos presentes na aula onde fizemos os levantamentos prévios nem sempre foi o mesmo do segundo momento, variando conforme a frequência às aulas. Gostaríamos de ressaltar que todos os trechos de falas dos alunos citados foram obtidos de gravações efetuadas simultaneamente, nas três equipes, após as discussões em sala.

### 8.2.1 Primeira categoria epistemológica: ciência e conhecimento científico

A primeira categoria epistemológica definida foi: ciência e conhecimento científico. Esta categoria foi subdividida em três dimensões consideradas em três contextos históricos (Quadro 4):

**Quadro 4 – Primeira categoria epistemológica**

<b>Primeira categoria epistemológica</b>	<b>Dimensão da análise</b>	<b>Contextos históricos</b>
Ciência e Conhecimento científico	Origem do Conhecimento científico	O período das artes práticas
Ciência e Conhecimento científico	Concepção de Ciência	A Filosofia e Ciência Grega e o surgimento do conceito de átomo
Ciência e Conhecimento científico	Critérios de demarcação Ciência x Pseudo-ciência	A alquimia

Para a primeira categoria, *Ciência e Conhecimento Científico*, tomamos como primeira dimensão da análise a possível origem do conhecimento científico, localizando a discussão no período da História da Química onde deve ter surgido as primeiras atividades de transformação da matéria, que hoje seriam consideradas como atividades de uma química prática.

Inicialmente, procuramos fazer distinção entre os termos ciência e conhecimento científico. Mesmo reconhecendo a dificuldade em se definir ciência (CHALMERS, 1995), consideramos a ciência em um contexto mais amplo que incluía não somente a natureza do conhecimento científico, mas todo o processo de sua produção, validação

e aceitação na comunidade científica, além do papel dos cientistas envolvidos. Neste momento, a pergunta formulada foi: *como os conhecimentos científicos têm origem?*

As respostas foram agrupadas com a criação de categorias emergentes para os dois momentos da pesquisa (Tabela 8). Utilizamos a legenda **CAN** e **CDN** para identificar as categorias: **C=categoria; A=antes; D=depois; N=número de identificação**

**Tabela 8 - A origem do conhecimento científico**

**Pergunta: Como os conhecimentos científicos têm origem?**

<b>Categorias Antes</b>	<b>Nº alunos</b>	<b>Categorias Depois</b>	<b>Nº alunos</b>
<b>CA1-</b> Através de método empírico ou do método científico: observação, experimentação, conclusão	02		
<b>CA2-</b> Das hipóteses	01		
<b>CA3-</b> No estudo de acontecimentos curiosos observados que ocorriam normalmente ou por acaso	01	<b>CD3-</b> Em grande parte por acidente e por observação	01
<b>CA4-</b> Na evolução humana, as dificuldades fizeram o homem pensar em uma forma de evoluir para sobreviver	01	<b>CD4-</b> Quando o homem passou a ter noção da necessidade de descobertas para a sua sobrevivência e desenvolvimento da humanidade	01
<b>CA5-</b> Através de observação, leituras, discussões, hipóteses, etc.	01		
<b>CA6-</b> Através da curiosidade de algum fenômeno observado que leva o cientista a estudar o que acontece, como acontece e para que pode ser útil	01		
<b>CA7-</b> Com a consciência do homem do meio em que vivia, adquirida pela observação dos fenômenos	03	<b>CD7-</b> A partir da observação de fenômenos da natureza	01
<b>CA8-</b> A partir de observações de fenômenos e da necessidade de explicá-los	01	<b>CD8-</b> Na tentativa de explicação de assuntos como os fenômenos da natureza observados	01
		<b>CD9-</b> Da aplicação de metodologias científicas direcionadas à aquisição do saber	01
		<b>CD10-</b> Através do acaso, acidentalmente, pela observação e também a partir da intuição, atribuição de hipóteses e racionalização	04
		<b>CD11-</b> A partir da observação, intuição, indução, experimentação e comprovação	01
		<b>CD12-</b> Na tentativa do homem de entender e explicar racionalmente a natureza, formulando leis sobre a atuação humana	01

No primeiro momento, concepções empírico-indutivista sobre a origem do conhecimento foram mais comuns (**CA1, CA3, CA5, CA6, CA7, CA8**). Nesta perspectiva considera-se que as noções teóricas derivam indutivamente *da observação do mundo físico, dos fenômenos ou fatos; 'o método empírico e o método científico'*(**CA1**) levam ao conhecimento científico. Inicialmente, apenas dois alunos incluíram as *hipóteses* neste processo (**CA2, CA5**), enquanto que um deles considerava que o conhecimento científico originava-se apenas de hipóteses (**CA2**).

No segundo momento, quatro respostas foram muito semelhantes às iniciais (**CD3, CD4, CD7, CD8**), três delas revelando uma visão empirista-indutivista (**CD3, CD7, CD8**) e revelando a forte influência do empirismo no ensino de ciências. Entretanto, 07 alunos deram respostas mais elaboradas (**CD9, CD10, CD11, CD12**), incluindo outros elementos como a intuição (**CD10, CD11**), a racionalização (**CD10, CD12**), a possibilidade de diferentes metodologias científicas (**CD9**) e revelando a incorporação dos conteúdos epistemológicos discutidos, numa perspectiva mais racionalista. Uma possível causa para o surgimento das novas categorias pode ter sido a discussão travada nas primeiras aulas sobre a origem do conceito de átomo na antigüidade grega. Como havíamos dito anteriormente, o atomismo foi um assunto retomado em vários momentos do nosso curso. Argumentamos que, apesar da impossibilidade de visualização dos átomos, esta idéia/conceito foi racionalmente concebida pelos atomistas gregos (Leucipo e Demócrito). Existe o reconhecimento de que na '*invenção*' deste conceito, a imaginação, a criatividade e a intuição foram tão importantes quanto as observações dos fenômenos ou da natureza.

Na discussão sobre a origem dos primeiros conhecimentos químicos destacamos também a diferença entre saberes técnicos e conhecimento científico, onde os

primeiros resultavam de um trabalho mais artesanal e individualizado. As técnicas empíricas se constituíam em conhecimentos derivados diretamente das práticas e experiências, não sendo obtidas de explicações teóricas e não estando ainda penetradas do conhecimento científico (GRANGER, 1994).

[...] o que hoje chamamos técnicas constitui verdadeiros saberes, que não poderiam, por outro lado, ser identificados com as ciências, de que não possuem nem o caráter desinteressado, nem a virtude demonstrativa, ou pelo menos explicativa;[...] (GRANGER, 1994, p.25)

Granger (1994) considera que a ciência é uma representação abstrata da realidade, buscando a sua compreensão através de uma linguagem específica pautada na utilização de sistemas simbólicos.

A partir desta discussão se tornou muito importante debater a concepção de ciência, porque uma das nossas questões problematizadoras para esta categoria epistemológica era: *qual a sua concepção de Ciência?* A Tabela 9 apresenta as respostas nos dois momentos da investigação.

Tabela 9 - Concepção de ciência (alunos de QUI 040)

Pergunta: Qual a sua concepção de Ciência?

<b>Categorias Antes</b>	<b>Nº alunos</b>	<b>Categorias Depois</b>	<b>Nº alunos</b>
<b>CA1-</b> Ciência é o <i>estudo</i> profundo de alguma coisa que se deseja saber	02	<b>CD1-</b> Ciência é o estudo aprofundado de alguma coisa	02
<b>CA2-</b> É o <i>estudo</i> dos fenômenos da natureza, do que nela existe, que nos rodeia e das suas transformações	03	<b>CD2-</b> A ciência é o estudo dos fenômenos da natureza e suas transformações.	02
<b>CA3-</b> Ciência é tudo que ajuda a desenvolver algo que possa contribuir para a humanidade	01	<b>CD3-</b> Ciência é o estudo direcionado, que nos ajuda no desenvolvimento da humanidade	01
<b>CA4-</b> Ciência seria o <i>estudo</i> do Universo em geral, a partir de observações, experimentos, etc.	01	<b>CD4-</b> Ciência seria o estudo do Universo em geral, envolvendo várias áreas do saber e diferentes métodos para se chegar a produção de conhecimento	01
<b>CA5-</b> Ciência é a <i>arte de estudar</i> , analisar algum sistema com objetivos definidos	01		
<b>CA6-</b> Ciência é uma área de estudo, como por exemplo a Química e a Física	02		
<b>CA7-</b> Observação, explicação, hipótese, questionamento, descrição	01		
<b>CA8-</b> Ciência é <i>estudo, pesquisa</i> , desenvolvimento de idéias, descobertas etc.	01		
<b>CA9-</b> A ciência é uma <i>investigação</i> feita a partir de observações	01		
		<b>CD10-</b> Ciência é a busca do conhecimento, de algo que se quer conhecer mediante caminhos mais confiáveis	03
		<b>CD11-</b> A ciência é um conjunto de conhecimentos sistematizados, obtidos metodicamente em diferentes épocas	01
		<b>CD12-</b> É o processo histórico de busca do homem de se aprimorar, evoluir, pesquisar, etc., levando ao conhecimento	02
		<b>CD13-</b> A ciência é uma das formas de conhecimento produzidas pelo homem, sendo determinada pelas suas necessidades materiais em cada momento histórico	02

No primeiro momento, a maior parte dos alunos (09 alunos) considerava a ciência como estudo, pesquisa ou investigação, seja da natureza, do Universo ou de

fenômenos naturais, visando a compreensão ou explicação destes (**CA1, CA2, CA4, CA5, CA8, CA9**). Outras concepções identificadas foram da ciência como área de estudo (**CA6**) ou como um método (**CA7**). Como já era esperado, as respostas revelaram que existia uma diversidade de visões sobre o que é a ciência, com o predomínio de concepções simplistas. Estes resultados estão totalmente de acordo com os inúmeros trabalhos de pesquisa sobre esse tema divulgados na literatura consultada (Capítulo 4), bem como com as concepções que detectamos entre os alunos ingressos.

Mesmo percebendo a importância conferida à ciência, questionamos a visão de Ciência apenas como investigação racional da natureza ou disputa racional entre teorias concorrentes, que tem como objetivo principal o conhecimento da natureza. Esta contestação, se apoia nas idéias de filósofos da ciência como Kuhn (1996) e Feyerabend (1989), que consideram que o conhecimento científico nem sempre está condicionado a fatores racionais. Kuhn (1996) afirma que a ciência procede de um modo não totalmente racional, na maioria das vezes, sofrendo influência de diversos fatores: sociais, ideológicos, econômicos, religiosos, etc.

Na nossa discussão, tomamos como referência a concepção de homem como ser cultural, tendo como pressuposto que a natureza é constituída pelo ser humano em seu ambiente natural. O ser humano, portanto, é um ser natural, além de um indivíduo social que vai além das suas necessidades biológicas quando produz cultura de forma universal. O ser humano tem como características a inquietação e curiosidade que o levam a modificar a natureza, alterando a si próprio nesta interação e assim produzindo conhecimento.

Reconhecemos a ciência como uma das formas de conhecimento produzida pelo homem no decorrer da sua história, determinada pelas suas necessidades materiais em

cada momento histórico. A ciência como processo, certamente inclui os seus produtos como hipóteses, leis, teorias etc., que vão justificar a atuação humana, na tentativa de entender e explicar racionalmente o mundo natural em sua complexidade, através de atividades metódicas (ANDERY *et al.*, 1988).

Considerando a ciência como uma atividade social complexa, entendemos que no processo de seu desenvolvimento três dimensões intimamente relacionadas estão envolvidas e se modificam historicamente: o modo de produzir bens materiais, o modo dos homens se relacionarem na sociedade e o modo de produção do conhecimento.

Analisando as respostas dos alunos no segundo momento, percebemos alguns pontos positivos. Novas categorias surgiram, correspondendo 08 respostas (**CD10, CD11, CD12, CD13**), revelando concepções mais elaboradas de ciência, que passou a ser reconhecida como *uma atividade histórica, como um processo de busca do conhecimento que pode acontecer por diferentes caminhos (métodos)* (**CD10**), que devem ser confiáveis. No segundo momento, a historicidade do conhecimento científico foi explicitada por cinco alunos em suas respostas (**CD11, CD12, CD13**).

A concepção de ciência também pode estar relacionada à discussão sobre como demarcar o que é científico e o que não é científico. Certamente, esta é uma questão polêmica e evidentemente relacionada com a própria concepção de ciência adotada. No trecho a seguir identificamos esta preocupação entre alguns alunos da equipe E2, quando discutiam sobre se a psicologia era uma ciência ou não.

- *Psicologia é ciência?* (A2)

- *Eu não vejo a psicologia como uma ciência, ela é muito subjetiva*(A2)

- *A psicologia é considerada hoje como a ciência do comportamento*(A1)



- *Mas... o comportamento não é o mesmo para todas as pessoas? (A2)*
- *Vocês estão querendo dizer que a ciência pode ser subjetiva?(A9)*
- *Não, a ciência é objetiva.(A2)*
- *Então como é que vocês estão dizendo que a psicologia é uma ciência, se ela é subjetiva?(A9)*
- *A ciência, ela pode ser subjetiva e objetiva ao mesmo tempo(A1)*
- *Eu não vejo a psicologia como ciência porque ela é subjetiva.(A2)*
- *A química é o estudo da matéria, só que ela usa métodos científicos e as outras não, né.... (A9)*
- *A ciência é uma atividade do homem, portanto pode ser subjetiva(A1)*
- *Algumas pessoas usam o termo ciência para dizer que é verdadeiro o que elas estão afirmando, as pessoas podem falar mas às vezes não podem comprovar, aí utilizam o termo ciência para dizer que aquilo que elas afirmam é verdadeiro. As pessoas estão querendo globalizar o termo ciência para provar que o seu estudo é verdadeiro e tem base científica. Mas a ciência só pode afirmar quando ela comprova, ela não vive de suposições(A2)*
- *Concordo que os padrões são necessários para se chegar aos objetivos, o balizamento é necessário(A1)*

Após tal discussão que envolveu questões relacionadas à primeira categoria epistemológica, percebemos que os alunos A2 e A9 ainda questionavam o papel da subjetividade na produção do conhecimento científico, enquanto que o aluno A1 tentava resgatar o lado humano da ciência. A superioridade que costuma ser conferida ao conhecimento científico dificulta a sua percepção como uma construção dos próprios

homens. Os alunos A2 e A9 defendiam a objetividade dos cientistas, mas não fizeram referência à importância da imaginação e criatividade nas pesquisas, em especial, naquelas que levam a inovação ou a ruptura com uma base interpretativa dominante, o que Thomas Kuhn denominou de revolução científica (KUHN, 1996).

O aluno A1 lembra a necessidade de parâmetros para se alcançar os objetivos. Mesmo com o reconhecimento que a ciência hoje se faz sem parâmetros universais, não existe o abandono da exigência de critérios que possam nortear a produção do conhecimento científico.

Para fomentar a discussão ainda sobre os critérios de demarcação da ciência, formulamos a questão problematizadora a seguir (Tabela 11), que foi discutida usando como contexto histórico o período da alquimia. A nossa intenção era levantar as opiniões dos alunos sobre este assunto, antes que acontecesse o estudo sobre a alquimia.

A nossa experiência didática demonstrava que entre os alunos que se matriculavam em História da Química predominava uma visão distorcida da Alquimia, como um tipo de prática sem significado científico e repleta de charlatanismo e magia. Outra concepção comum era a de uma pseudo-ciência, cabendo aos alquimistas mais o papel de mágicos do que de cientistas. Estas concepções não se diferenciavam muito daquelas que identificamos entre os alunos que ingressavam no curso de Química, como foi visto anteriormente (p.265). O levantamento prévio realizado com os alunos de História da Química (QUI 040) confirmou a presença de uma imagem distorcida da Alquimia (Tabela 10).

Tabela 10 - Alquimia como ciência

**Pergunta: A alquimia se constituía numa ciência? Explique.**

Sim/Não	Categoria	Nº Alunos
Não	<b>C1-</b> Seria uma corrente filosófica oculta	01
Não	<b>C2-</b> A alquimia <i>não explicava o porque dos fatos, dos fenômenos</i> e nem cuidava da propagação	02
Não	<b>C3-</b> Os alquimistas <i>descobriam as coisas de uma forma empírica, sem provar a descoberta</i>	01
Não	<b>C4-</b> A alquimia <i>não tinha conhecimentos prévios</i> , eles foram surgindo ao acaso	01
Não	<b>C5-</b> <i>Era baseada apenas na observação</i>	01
Não	<b>C6-</b> <i>Não apresentava um embasamento metodológico, científico e didático</i>	01
Não	<b>C7-</b> Quem sabe era uma pré-ciência	01
Sim	<b>C8-</b> Estudava os problemas relacionados com o conhecimento no sentido de obter materiais existentes	01
Sim	<b>C9-</b> <i>Produziu conhecimentos</i>	01
Sim	<b>C10-</b> Porém não se reconhecia a alquimia como ciência	01

Nas respostas anteriores (Tabela 10) identificamos alguns critérios que os alunos utilizaram para distinguir o que eles imaginavam ser científico e que caracterizava a ciência em contraposição à alquimia, como:

- explica o porquê dos fatos e fenômenos e divulga as explicações (**C2**);
- descobre coisas não só de forma empírica e ‘prova’ as descobertas (**C3**);
- não se baseia apenas na observação (**C5**);
- possui conhecimentos prévios (**C4**);
- apresenta embasamento metodológico (**C6**);

Estas respostas revelam, em alguma medida, uma visão de Ciência como meio de descobrir o que existe no mundo (desvelamento da natureza) ou de explicação dos fenômenos, na busca de provas ou ‘verdades’, demonstrando a presença de concepções realistas ingênuas.

A confiança no método que a ciência utiliza é um importante critério de demarcação considerado no entanto, quando mapeamos as concepções sobre este

tema no estudo piloto realizado no segundo momento, percebemos a relativização deste critério na discussão sobre a alquimia acontecida em uma das equipes. Os alunos foram identificados pela simbologia '**APN**' onde:

AP= aluno do estudo piloto e N= número de identificação de cada aluno.

*- Eu acho que sim, a ciência ela tem um objetivo e a alquimia tinha objetivos e trabalhou para obter e atingir estes objetivos e além disso ...(AP6)*

*- Além disso, ela tinha métodos (AP1)*

*- Tinha métodos e tinha conhecimentos para obter determinados resultados(AP6)*

*- Eu acho que ela era ciência porque tinha estes três pontos: objetivos, método e conhecimento. Analisando os resultados, o que eles realmente descobriram e a contribuição dada à ciência, a partir daí a gente já pode considerar mesmo como uma ciência. Antes, quando eu não conhecia nada sobre alquimia, porque eu conhecia ela como uma forma de bruxaria, porque eu não sabia de nada, mas agora depois das leituras e dessa aula ficamos sabendo que eles (os alquimistas) descobriram alguns elementos, as aparelhagens que eles utilizavam, algumas técnicas como a destilação e o banho maria e os fenômenos que eles observavam, imaginando que acontecia a transmutação dos metais menos nobres para ouro ou prata. Assim, na verdade, eles observavam os fenômenos e como não entendiam como a gente entende hoje, eles imaginavam que estava havendo a transmutação de uma forma para outra.(AP1)*

*- Eles não tinham ainda o conhecimento da estrutura e das reações químicas e analisavam da maneira que eles achavam que era correta na época(AP5)*

*- Na realidade estava havendo uma transformação, mas não de um metal menos nobre para outro mais nobre(AP1)*

*- No contexto do conhecimento que eles tinham naquela época, considero que era uma ciência. Hoje é que se critica, ou não se vê que algumas coisas que eles faziam estava fora da realidade, porque hoje a gente já tem um conhecimento mais avançado, mas naquela época não se sabia as coisas que a gente sabe hoje (AP5)*

*- Eles deram os primeiros passos para a química chegar aonde está hoje(AP1)*

*- Porque a química pegou aquilo de bom ou de real que a alquimia tinha e desprezou a parte que era fantasiosa ou simbólica (AP5)*

Neste momento, nos pareceu que esses alunos apresentavam uma visão contextualizada da Alquimia, reconhecendo a sua importância histórica na constituição da Química Moderna. Na turma de 2005.1, nesta dimensão, o resultado foi muito semelhante, revelando que os alunos passaram a perceber a necessidade de flexibilização nos critérios utilizados para demarcação da ciência. O nosso objetivo era que eles manifestassem uma visão histórica da Alquimia, a partir de uma releitura crítica do período medieval, contextualizando os alquimistas e a Alquimia naquele período e reconhecendo a sua contribuição para a constituição da Química Moderna.

No trecho a seguir, a historiadora da Química brasileira Ana Maria A. Goldfarb, em quem nos apoiamos no nosso trabalho e nas discussões em sala (Quadro 3), reconhece a importância da Alquimia.

Os estudiosos de nosso século, dedicados à história da ciência e, particularmente, da alquimia, partem, na maioria das vezes, do pressuposto de que não foi a ignorância, irracionalidade ou obscurantismo das culturas que nos precederam o que preservou a alquimia. Mas, ao contrário, foi exatamente nos períodos em que mais se valorizou o conhecimento da natureza onde a alquimia floresceu[.] (GOLDFARB, 1987, p. 265)

## 8.2.2 Segunda categoria epistemológica: a dinâmica da ciência e os seus produtos

A segunda categoria epistemológica investigada foi a dinâmica da ciência e os seus produtos. Esta categoria foi subdividida em quatro dimensões consideradas em diferentes contextos históricos (Quadro 5):

**Quadro 5 – Segunda categoria epistemológica:**

<b>Segunda categoria epistemológica</b>	<b>Dimensão da análise</b>	<b>Contextos históricos</b>
A dinâmica da ciência e os seus produtos	As metodologias científicas	A transição da alquimia para a química moderna
A dinâmica da ciência e os seus produtos	A experimentação na produção do conhecimento científico	As revoluções científicas nos séculos XVI e XVII
A dinâmica da ciência e os seus produtos	A relação entre hipóteses, leis e teorias	A teoria do flogisto ou flogístico; As leis de combinação química e a hipótese atômica no século XIX
A dinâmica da ciência e os seus produtos	O contexto da descoberta científica	A origem do conceito de átomo e do atomismo daltoniano

A concepção de que existe um método é uma deformação presente tanto entre professores quanto entre alunos dos cursos das ciências (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Para averiguar a idéia dos alunos sobre o assunto, usamos a questão a seguir:

Tabela 11 - O método científico e as etapas deste método

**Pergunta: Existe um método científico. Se a sua resposta a pergunta anterior for afirmativa, quais as etapas envolvidas neste método?**

Momento Antes	Justificativa/Etapas	Nº Alunos	Momento Depois	Justificativa/Etapas	Nº Alunos
Existe	<b>CA1-</b> Levantamento de hipóteses, experimentação, verificação das hipóteses; conclusão	01			
Existe	<b>CA2-</b> Programação, sistematização e controle	01			
Existe	<b>CA3-</b> Parte-se da observação, depois a experimentação	01			
Existe	<b>CA4-</b> Observação das transformações; investigação das causas; divulgação do conhecimento adquirido	01			
Existe	<b>CA5-</b> Observação ou idéia; pesquisa; seleção de material; experimento e/ou observação; levantamento de hipóteses; experimentos; conclusões; teoria; lei	01			
Existe	<b>CA6-</b> Observação, análise e reprodução	01			
Existe	<b>CA7-</b> Pesquisa; observação; experimentação	01			
Existe	<b>CA8-</b> Teorização, experimento; formulação de hipóteses e observações	01			
Existe	<b>CA9-</b> Observação; experimentação; proposição de hipóteses e conclusão	01			
Sim	<b>CA10-</b> Embora cada área tenha <i>um método</i>	01			
Não	<b>CA11-</b> Existem vários métodos	01			
			Não	<b>CD12-</b> Vários métodos são possíveis nas diferentes áreas e períodos históricos	09

Inicialmente (Tabela 11), apenas um aluno entre os dez presentes nesta aula, respondeu negativamente a questão (**C11**). Ele justificou a sua resposta informando

que anteriormente havia feito uma leitura sobre o caráter histórico do método científico, o que o levou a assumir uma opinião diferente dos demais colegas. Na categoria **C10** temos uma contradição, porque embora o aluno tenha respondido afirmativamente, sua justificativa admite diferentes métodos a depender da área. Como já era esperado, cerca de 90 % dos alunos (10) achava que existia um único método científico, embora divergissem quanto às possíveis etapas desse método. O método científico costuma ser visto como uma maneira segura de se chegar ao conhecimento científico (MOREIRA, 1993; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

A concepção de que o método científico começa na observação (**CA3, CA4, CA5, CA6, CA9**) ou tem esta etapa como indispensável para a produção de conhecimento (**CA3, CA4, CA5, CA6, CA7, CA8, CA9**), ficou evidente na maior parte das respostas. A idéia predominante é que o fenômeno fala por si só, o mais importante é saber a melhor forma de olhar para chegar ao seu desvelamento.

A experimentação também foi uma etapa bastante citada refletindo a força da epistemologia empirista no ensino de ciências (**CA1, CA3, CA5, CA7, CA8, CA9**). Apenas um aluno considerava que o método científico iniciava-se com a colocação de hipóteses (**CA1**), enquanto um outro achava que iniciava com a teorização (**CA8**).



Os alunos não reconheciam a dependência que a observação tem da teoria, não se dando conta que o percebido não depende apenas da realidade externa, mas dos conhecimentos prévios e da nossa bagagem teórica. A não separação entre pressupostos teóricos e observacionais foi defendida por vários filósofos da ciência pós-positivistas como: Popper (1983; 2001), Kuhn (1996), Hanson (1975), Feyerabend (1989), entre outros.

Durante o curso tomamos as idéias de Francis Bacon, que defendia a observação neutra como origem do conhecimento científico para discutir e questionar o caminho empirista-indutivista de chegar às teorias, indo do particular ao geral. Chamamos a atenção sobre a influência dessas idéias e do positivismo comtiano no ensino de ciência, em relação à aceitação de um método científico estruturado rigidamente. Losee (1998) lembra que o empirismo e a indução predominaram até o início do século XX, tendo servido de base ao positivismo. A filosofia positivista defendia que a ciência devia se basear na observação direta dos fatos e não nas hipóteses.

No momento pós discussão, todos os alunos presentes na aula (09) reconheceram a existência de vários métodos científicos e o caráter histórico destes métodos (**CD12**).

No diálogo gravado após as leituras e discussões em sala detectamos que houve uma maior adequação nas concepções sobre o método científico dos nossos alunos, em todas as equipes. Esta foi uma das dimensões em que aconteceu uma maior transformação em relação às idéias iniciais. Tomamos o diálogo gravado na equipe E1 para exemplificar esta afirmação:

- *O método científico, ele não é um único e eles (os métodos) se transformam, ao meu ver, no decorrer da história (A10)*
- *Eu sempre pensei que existia um método científico, depois que li o texto, eu não continuo pensando num método científico fixo, único, mas existem métodos, maneiras de se chegar aos resultados e não etapa por etapa (A7)*
- *Talvez, cada área da ciência tenha algumas determinações específicas, maneiras diferentes de pesquisar (A13)*
- *Quando se fala em um método fica parecendo que é uma seqüência lógica, e não tem isto, se pode começar de trás para frente ou de frente para trás, ou do meio, cada um vai fazer as suas observações e análises(A7)*
- *Isto não quer dizer que você sempre vai chegar a um resultado final satisfatório, você pode errar, não é um método no sentido que você seguindo etapa por etapa você vai chegar a um resultado vitorioso (A7)*
- *Na verdade o tal método científico é um prato feito né..., no entanto o conhecimento é produzido através de tentativas, acertos e erros (A10)*
- *E pode-se errar(A7)*

Nesta discussão evidencia-se o reconhecimento destes alunos da inexistência de um único método científico, rígido e infalível e o caráter histórico que caracteriza os vários métodos. O aluno A7 explicitou na sua fala, que as leituras realizadas o levaram a modificar as suas concepções prévias sobre esta questão. Outro ponto lembrado pelo aluno A7 é a possibilidade de erros no processo de construção do conhecimento científico, tão importantes quanto os acertos.

Considerando a provisoriedade da verdade científica e a sua dependência do contexto histórico, Bachelard (1986) reconhece que, mesmo tendo a pretensão de ser verdadeiro, o discurso científico é produzido graças aos inúmeros erros que acontecem no processo de construção das ciências. A epistemologia bachelardiana, diferentemente das epistemologias positivistas que valorizam a verdade, defende a importância do erro e da busca da retificação na construção do conhecimento científico. Consideramos que a história dos erros, tanto quanto dos acertos deve ser incorporada ao ensino de ciências.

Para aprofundar o conhecimento da dinâmica da ciência, formulamos outra questão problematizadora solicitando aos alunos *a definição de experimento*. O papel da experimentação na produção do conhecimento científico tem sido um assunto amplamente discutido na educação científica (HODSON, 2000; GIORDAN, 1999; GIL-PÉREZ *et al.*, 2002). Esta discussão, que tem se apoiado na teoria do conhecimento, influenciou no modo como se compreende a experimentação, que passou a ser reconhecida como um processo de natureza social, técnica e cognitiva (GIORDAN, 1999). No âmbito da epistemologia empirista-indutivista, outra importante questão é a defesa da observação e da experimentação como base segura para o conhecimento científico. A imagem de ciência que tem na experimentação a essência da sua atividade tem sido considerada uma visão deformada da atividade científica que, no entanto, encontra-se amplamente difundida no ensino tradicional de ciências (GIL-PÉREZ *et al.*, 2002). As respostas à questão formulada estão na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12 - O conceito de experimento

Pergunta: Na sua opinião o que é um experimento?

<b>Categorias Antes</b>	<b>Nº alunos</b>	<b>Categorias Depois</b>	<b>Nº alunos</b>
<b>CA1-</b> É a verificação de hipóteses levantadas através da reprodução dos fenômenos para observação	01		
<b>CA2-</b> É a visualização de algo	01		
<b>CA3-</b> É o uso de alguma técnica experimental, baseada em alguma teoria, para provar essa própria teoria	01		
<b>CA4-</b> É testar algo para se obter algum resultado, a partir de conhecimentos prévios.	01		
<b>CA5-</b> É um procedimento utilizado para obtenção de dados qualitativos e/ou quantitativos a respeito de vários estudos	01	<b>CD5-</b> Ação para elucidar fatos, através de manipulação de materiais e/ou substâncias ou levantamento de dados	01
<b>CA6-</b> É uma hipótese ou observação que é analisada para tentar explicar um fato	01		
<b>CA7-</b> Algo que se faz, procurando comprovar teorias	01	<b>CD7-</b> É uma forma de colocar em prática uma teoria, uma forma de concretizar	02
<b>CA8-</b> É um fenômeno ou algo a ser observado	01		
<b>CA9-</b> É a tentativa de explicar e reproduzir determinada reação química	01		
<b>CA10-</b> É a materialização das teorias e hipóteses	01		
<b>CA11-</b> Forma de concretizar uma hipótese através de testes para obtenção de resultados	01		
<b>CA12-</b> Um tratamento prático envolvendo tentativas para repetir um determinado fenômeno	01		
<b>CA13-</b> Execução de tarefas para obtenção de informações, tanto para a obtenção de algo novo ou que já existe	01		
		<b>CD14-</b> É a organização de ações planejadas que podem envolver observação direta ou indireta para provar a veracidade ou falsidade de uma hipótese, estabelecer relações entre fenômenos e resolver problemas	03
		<b>CD15-</b> São procedimentos metódicos para verificação de hipóteses para testar e comprovar observações feitas	02
		<b>CD16-</b> É a investigação empírica de fatos e/ou hipóteses, através da produção ou reprodução dos fenômenos para comprovar ou tirar conclusões sobre prognósticos ou observações prévias	05

No momento inicial, as concepções de experimento eram dispersas revelando maior influência do empirismo-indutivismo sobre as mesmas. Predominaram as idéias de experimento como: *verificação de hipóteses (CA1, CA6, CA11)*, *comprovação empírica de teoria(CA3, CA7, CA10)*, *execução de técnicas empíricas, procedimentos, práticas ou tarefas, (CA3, CA5, CA12, CA13)* entre outras. Alguns problemas como a indistinção entre experimento e visualização de fenômenos (CA2) ou a consideração de que o experimento é igual ao próprio fenômeno visualizado (CA8) foram identificados. Os alunos não explicitaram o reconhecimento da necessidade do controle na execução de um experimento. Estas concepções revelam a influência das idéias da corrente lógico-positivista nas práticas pedagógicas da área de ensino de ciências, predominantes até a década de sessenta do último século (XX). Comte (1990), por exemplo, questionava a Teologia e a Metafísica e considerava que a exploração direta dos fatos observados fortalecia as explicações positivas.

É nas leis dos fenômenos que consiste realmente a ciência, à qual os fatos propriamente ditos, por mais exatos e numerosos que possam ser, nunca fornecem senão materiais indispensáveis. Ora, considerando a destinação constante destas leis, pode-se dizer sem exagero algum que a verdadeira ciência, muito longe de ser formada por simples observações, tende sempre a prescindir, tanto quanto possível, da exploração direta, substituindo-a por essa previsão racional que constitui, sob todos os aspectos, o principal caráter do espírito positivo[...] (COMTE, 1990, p. 18)

A experimentação costuma ser vista como legitimadora do conhecimento científico porque se considera que os dados obtidos deste processo são confiáveis e possibilitam o entendimento do fenômeno em questão. O questionamento a esta visão, no entanto, é altamente desejável.

Três novas categorias foram identificadas no segundo momento (**CD14, CD15, CD16**) expressando uma concepção de experimento mais elaborada e reconhecendo a sua importância no teste de hipóteses, além de uma maior convergência nas respostas dadas. Contudo, nessa discussão, não observamos nenhuma referência dos alunos à necessidade de controle na experimentação. (Tabela 12).

Nos trechos das falas gravadas na equipe E2, no segundo momento do trabalho, notamos algumas modificações nas concepções iniciais: (a seguir)

- *Eu acredito que experimento seja uma organização né..., de ações. Agora eu fico meio em dúvida....(A9)*

- *Agora uma coisa é certa, ele (o experimento) tem como objetivo provar uma hipótese, seja ela verdadeira ou falsa (A2)*

- *Eu já ia dizer isso, a verdade ou a falsidade de uma hipótese. Exatamente, agora vamos juntar aqui algumas idéias, seria uma organização de ações planejadas que podem envolver observações direta ou indireta, não é ... (A9)*

- *Com o objetivo de provar?(A3)*

- *Sim, com o objetivo de verificar a veracidade ou a falsidade de uma hipótese(A9)*

- *E também pode estabelecer relações entre fenômenos (A3)*

- *Restabelecer ou estabelecer, porque restabelecer é estabelecer uma coisa que já estava estabelecida..., e aí? (A9)*

- *Mas, pode ter uma teoria equivocada com relação a um fenômeno. O experimento ele pode favorecer, justamente fazendo a relação correta, vamos por assim entre aspas.(A2)*

*- Então a gente pode colocar assim: é uma organização de ações planejadas que podem envolver observações direta ou indireta com o objetivo de comprovar a veracidade ou a falsidade de uma hipótese, obter dados ou estabelecer relações entre fenômenos (A9)*

O aluno A2 reconhece que a experimentação é guiada por uma hipótese, mesmo expressando a idéia de que a hipótese deve ser 'provada', o que denota uma expectativa verificacionista. Numa perspectiva mais racionalista, o aluno A9 afirma que a hipótese tanto pode ser comprovada como falseada, reconhecendo que as hipóteses podem ser testadas por tentativas de falsificação, que podem envolver testes de confirmação, seja negativa ou positiva. Estas falas podem ter sido influenciadas pelas discussões em sala. Em alguns episódios nos reportamos a idéia de Popper (2001) que considera que a experimentação não deve acontecer no sentido de confirmação de hipóteses, mas na perspectiva de retificar possíveis erros contidos nessas hipóteses conduzindo inclusive, à formulação de novas hipóteses.

Em outras palavras, não exigirei que um sistema científico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através do recurso a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico [...] Antes de tudo, poderá parecer teimosia sugerir que a Ciência de que, supõe-se, devemos esperar informações positivas, seja caracterizada pela obediência a um requisito negativo, como a refutabilidade (grifo nosso) (POPPER, 2001, p.42; 43).

Outro ponto a ser destacado na fala do aluno A9 é o reconhecimento de que a experimentação pode envolver observação direta ou indireta, revelando algum entendimento de que a observação científica não corresponde à observação direta feita no cotidiano. As observações científicas costumam ser ações que necessitam de algum tipo de planejamento para que as percepções aconteçam de forma adequada, podendo envolver também, observações indiretas. Embora o ato de olhar seja função da visão, a nossa percepção envolve todos os sentidos, podendo o instrumento ou equipamento intermediar este processo, o que implicaria numa observação indireta. A observação de um fenômeno pressupõe a sua iluminação com uma série de conhecimentos teóricos.

No seu livro *O Racionalismo Aplicado* (1977), Bachelard discute sobre a percepção relacionada com a experiência científica:

A vista não é necessariamente a boa avenida do saber. Seu privilégio, evidente na experiência vulgar, deve portanto ser denunciado. A vista dá-nos a preço baixo um ser-no-mundo. Esse ser não é, afinal, senão um ser visto de frente. É preciso haver outros conceitos além dos conceitos “visuais” para montar uma técnica de agir cientificamente-no-mundo e para promover à existência, mediante uma fenomenotécnica, fenômenos que não estão naturalmente-na-natureza. Só por uma desmaterialização da experiência comum se pode atingir um realismo da técnica científica (BACHELARD, 1977, p.137) (Grifo nosso)

No contexto histórico que se constituiu a partir do século XVI, incluindo o período de transição da alquimia para a química moderna, as explicações fornecidas pela ciência passaram a ser aceitas como superiores, em contraposição às pseudociências e às especulações. Considerava-se que as explicações científicas baseavam-se em rigorosas observações dos fenômenos,



que poderiam conduzir indutivamente às teorias científicas. O empirismo possibilitava uma demarcação nítida entre o metafísico e o científico.

O ensino tradicional das ciências acontece em torno dos produtos da ciência como: hipótese, experimento, lei, teoria etc. Embora estes conceitos sejam amplamente utilizados, os seus significados não são discutidos. Em contraposição a essa situação usamos vários contextos históricos para subsidiar a discussão sobre a dinâmica da ciência, entre eles: a teoria do flogisto e o seu questionamento, a relação entre as leis de combinação química, a hipótese atômica daltoniana e as controvérsias relacionadas com a aceitação do atomismo no século XIX. A terceira dimensão analisada dentro dessa categoria epistemológica teve como questão *problematizadora a possível diferença entre lei e teoria*. As concepções identificadas nos dois momentos pré e pós discussão podem ser vistas a seguir (Tabela 13).

Tabela 13 - Diferença entre lei e teoria científica (alunos de QUI 040)

Pergunta: Qual a diferença entre teoria e lei (científicas)?

<b>Categorias Antes</b>	<b>Nº alunos</b>	<b>Categorias Depois</b>	<b>Nº alunos</b>
<b>CA1-</b> A teoria compreende diversas leis, sendo mais abrangente; a lei por sua vez se restringe a um fenômeno ou fato mais restrito	01		
<b>CA2-</b> A teoria envolve raciocínio desenvolvido das observações, enquanto a lei é comprovada e deve ser seguida	01		
<b>CA3-</b> Lei é uma fórmula para ser seguida baseada em uma teoria que é baseada em fatos, observações, hipóteses	01		
<b>CA4-</b> A lei é um conhecimento estabelecido e comprovado, e a teoria não	01		
<b>CA5-</b> A teoria reúne as bases para compreender o fenômenos, a lei é o enunciado deste fenômeno	01		
<b>CA6-</b> Lei é a teoria aprovada e a teoria é o experimento aceito	01		
<b>CA7-</b> Não há diferença, uma complementa a outra	01		
<b>CA8-</b> A teoria é caso particular e a lei a generalização	01		
<b>CA9-</b> As leis são teorias cientificamente comprovadas	01		
<b>CA10-</b> A lei é a consolidação da teoria que é a tentativa de explicar a hipótese e requer pesquisa e experimentação	01		
<b>CA11-</b> A lei é uma proposta de validar uma hipótese e a teoria é a tentativa de consolidar a lei	01		
<b>CA12-</b> A lei surge para confirmar a teoria	01		
<b>CA13-</b> A teoria é uma explicação minuciosa e a lei é uma fórmula que prova que uma teoria é verdadeira	01		
<b>CA14-</b> A teoria é constituída por leis	01		
		<b>CD15-</b> A teoria tenta explicar os fenômenos e prever novos fatos; a lei descreve, define, conceitua, estabelece parâmetros ou limites	01
		<b>CD16-</b> A teoria explica uma lei ao propor um mecanismo que responda pelas regularidades. A lei descreve fatos, já a teoria explica estes fatos	05
		<b>CD17-</b> A teoria é uma explicação para fenômenos observados, já a lei é uma afirmação que organiza informações sobre o fenômeno estudado na teoria	03
		<b>CD18-</b> A teoria é a confirmação da explicação do fenômeno, a lei é o conhecimento sobre o fenômeno	01
		<b>CD19-</b> A lei descreve e a teoria explica, interpreta os fenômenos ou o que a lei descreve; porém não há uma ordem rígida	01
		<b>CD20-</b> A lei é uma proposição lógica de uma observação. A teoria confirma a lei, incluindo sua explicação.	02

Comparando as concepções pré e pós-discussão, percebemos que nenhuma categoria inicial foi identificada no segundo momento, o que evidencia uma maior compreensão dos alunos sobre os conceitos de lei e teoria. Inicialmente, predominavam concepções dispersas e equivocadas sobre a diferença entre lei e teoria, a exemplo da idéia de que *“a lei é uma teoria cientificamente comprovada”* (CA6, CA9) ou que existe uma espécie de maturação, partindo-se dos fatos observados e racionalizados chega-se às teorias e estas se consolidam como leis (CA10). Estas concepções expressam a crença numa possível hierarquização entre esses dois produtos da ciência. Além disso, um aluno achava que não existia diferença entre lei e teoria (CA7) ou que a lei é uma fórmula (CA3, CA13). Em alguma medida, uma parte dos alunos (05) atribuía um maior valor às leis do que às teorias (CA2, CA4, CA6, CA9, CA12).

No segundo momento a idéia que passou a predominar foi de que a teoria explicava os fatos e fenômenos que eram descritos ou afirmados de forma organizada pelas leis (CD15, CD16, CD17, CD19, CD20). A existência de uma hierarquização entre a lei e a teoria foi atenuada. Nas falas a seguir encontram-se alguns desses pontos de vista.

*“A teoria explica uma lei, ao propor um mecanismo que responda pelas regularidades. A lei descreve fatos, já a teoria explica estes fatos”*(CD16)

*“A lei descreve e a teoria explica, interpreta os fenômenos ou o que a lei descreve; porém não há uma ordem rígida”.* (CD19)

Na nossa discussão sobre a teoria do flogisto, enfatizamos a importância das diferentes teorias na produção do conhecimento científico. Deixamos claro que as teorias tanto quanto as leis são produtos e ferramentas da ciência; uma não se torna a outra quando mais evidências são acumuladas. Concordamos com os questionamentos

feitos no âmbito da filosofia da ciência sobre a existência de uma hierarquização entre as duas: teorias e leis.

Para que fosse compreendido o significado de hipótese, fizemos uma ampla discussão tendo como contexto histórico as dificuldades de aceitação da hipótese atômica no século XIX. Enfatizamos a importância de se reconhecer a existência de controvérsias científicas no processo de desenvolvimento da ciência que evidencia uma perspectiva humana da atividade científica. No trecho gravado na equipe E3, no período 'pós-discussão', algumas transformações nas concepções iniciais relativas a este tema foram percebidas:

*- Hipótese é uma explicação provisória de uma fenômeno estudado, as hipóteses devem ser investigadas com novas observações ou com a realização de novas experiências.(A4)*

*- Realmente é uma explicação provisória (A5)*

*- O próprio nome já diz, hipótese é uma explicação provisória. Já a lei é uma afirmação que organiza as informações sobre os fenômenos que se repetem regularmente, sempre que são observados nas mesmas condições. (A11)*

*-Teoria, é quando o cientista consegue explicar satisfatoriamente um fenômeno estudado, num determinado contexto.(A4)*

*- Acho que não tem uma ordem, mas a lei normalmente antecede uma teoria. A teoria é uma explicação ordenada do fenômeno.(A5)*

*- Um exemplo de lei, por exemplo é a de Lavoisier: "Sempre que realizamos uma reação química num recipiente fechado a massa se conserva na reação química"(A4)*

*- A teoria é a confirmação da explicação do fenômeno e lei são informações sobre aquele fenômeno, sendo que a teoria irá concretizar estas explicações, estes conhecimentos do fenômeno.(A5)*

*- A lei é uma afirmação que organiza as explicações, quando um cientista está pesquisando sobre um fenômeno ele chega a uma boa explicação, quando ele consegue ter uma explicação sobre o que ele está pesquisando, sobre o fenômeno observado aí digamos que é a teoria e a lei confirma esta teoria.(A4)*

*- Teorias e leis são idéias só que organizadas.(A11)*

*- A Ciência destaca e valoriza os conhecimentos.(A4)*

Na discussão anterior, notamos que a maior parte dos alunos incorporou a idéia de que as teorias são formas de explicações de fenômenos ou eventos situadas historicamente, como identificamos na fala do aluno A4.

Quando discutimos sobre a teoria do flogisto deixamos claro a importância das teorias em cada contexto histórico e o caráter provisório das explicações científicas. Mostramos que mesmo uma teoria considerada errada, de acordo com a nossa racionalidade contemporânea, teve a sua importância naquele contexto, explicando muitos fenômenos e produzindo novos conhecimentos científicos que ainda podem ser significativos hoje. A provisoriedade das teorias científicas, tanto quanto das verdades científicas pode ser evidenciada nos debates em sala, em especial nas discussões que envolveram as controvérsias científicas.

Algum resíduo de valoração na comparação entre lei e teoria ainda pode ser identificado quando, ao fim de uma das suas falas, o aluno A4 afirma que a lei confirma a teoria.

Nas nossas discussões argumentamos quanto à inexistência de hierarquização. Usamos as leis de combinação químicas de Lavoisier, Proust, Richter e Gay-Lussac e a teoria atômica para discutir a diferença entre leis e teorias. Argumentamos que a teoria atômica de Dalton possibilitou a compreensão de algumas leis de combinações químicas já explicitadas e sugeriu novas investigações que levaram a outras leis.

De certa forma, o aluno A11 apresentou uma perspectiva mais racionalista para a sua compreensão do significado de leis e teorias quando afirmou que: *“teorias e leis são idéias só que organizadas”*.

A percepção da importância e provisoriedade das hipóteses foi uma característica identificada nas concepções manifestadas no segundo momento. Consideramos que este fato está intimamente ligado à ampla discussão acontecida em sala, após a leitura do material didático sobre as controvérsias do atomismo no século XIX. Como foi visto no Capítulo 6, a não aceitação da realidade atômica legitimou o ‘status’ de hipótese conferido ao atomismo daltoniano no referido século. Os grandes obstáculos presentes no contexto da justificação da teoria atômica no século XIX, não impediram a sua continuidade no cenário científico do século XX e o amplo reconhecimento, tanto pelos físicos quanto pelos químicos da sua importância como teoria científica.

O reconhecimento de posições conflituosas no processo de produção do conhecimento científico envolvendo a competição entre teorias científicas pode ajudar na percepção da complexidade da ciência possibilitando a sua desmistificação. As teorias químicas são conjecturas racionais elaboradas para descrever e explicar a estrutura e comportamento dos materiais e das substâncias. Nesse momento, buscamos também, construir uma visão de desenvolvimento científico oposta à idéia de

uma seqüência linear e acumulativa, defendida pelas escolas positivistas e neo-positivistas.

Considerando ainda a discussão sobre este assunto, destacamos o diálogo gravado na equipe E2, a seguir:

- *Lei e teoria não é a mesma coisa, olha que isso é muito complicado...,(A9)*
- *Mas as teorias também se modificam, porque a teoria de Dalton também se modificou (A2)*
- *A teoria explica a lei (A9)*
- *A teoria explica a lei propondo mecanismos (A2)*
- *A teoria seria para explicar as leis porque ela ordena, unifica, interpreta ... (A3)*
- *A lei descreve regularidades, ou uma norma dentro de um determinado contexto (A2)*
- *A teoria seria um conjunto de conhecimentos que procura organizar de maneira racional, unificando, interpretando e explicando em um certo domínio de fenômenos ou acontecimentos (A3)*
- *A teoria explica a lei, mas as leis não explicam as teorias(A9)*
- *Mas ele (Dalton) não tinha ainda um conhecimento, ele veio a ter conhecimentos baseados no mundo, ele desenvolveu a teoria que vai explicar esta lei(A2)*
- *A teoria ela vai explicar a lei ao propor um mecanismo que responde pelas regularidades descritas pela lei(A14)*
- *A lei descreve uma fato, já a teoria explica o fato cientificamente(A3)*

Os alunos desta equipe discutiam sobre a teoria de Dalton e a explicação que ela possibilitou para algumas das leis de combinação química, reconhecendo a provisoriade desta teoria. As explicações para as generalidades já explicitadas nos enunciados das principais leis de combinação química foi um dos grandes méritos desta teoria. Nesta discussão, percebemos que estes alunos tentavam organizar e sistematizar suas idéias, no sentido de compreenderem a diferença entre lei e teoria. Consideramos que a compreensão da teoria como uma forma de explicação dos fatos e fenômenos e da lei como descrição de regularidades observadas em fenômenos relacionados, pode ser considerada positivamente considerando às idéias iniciais identificadas (Tabela 13).

A percepção da dificuldade de aceitação de novas teorias foi explicitada pelo aluno AP1, na sua fala a seguir. Ele comenta sobre as dificuldades de aceitação do atomismo daltoniano, reconhecendo a influência da comunidade científica neste processo:

O atomismo de Dalton, por exemplo, enfrentou muitas controvérsias antes de chegar realmente ao que nós temos hoje. Porque é muito difícil, realmente, uma nova teoria ser aceita quando existe uma outra anterior que consegue explicar os fenômenos que são observados. O fato de uma nova teoria explicar um maior número de fatos[...] no entanto, toda teoria tem a sua limitação. Ela pode explicar muita coisa, mas sempre tem algum detalhe que ela não consegue explicar e aí sempre aparece outra teoria que vai conseguir explicar aquilo; mas não é fácil para uma nova teoria ser logo aceita de imediato. Eu diria que tem muita influência dos cientistas que estão envolvidos. Existem alguns cientistas que são muito influentes e aí eles abraçam uma determinada teoria e, com o surgimento de uma nova eles não aceitam de imediato, isto prejudica muito o desenvolvimento e a aceitação da nova teoria de uma forma ampla e pode atrapalhar muito.(AP1)

Outra importante questão no âmbito da epistemologia relacionada à dinâmica da ciência é a questão da descoberta científica. Este é uma assunto pouco discutido nos



curso de ciência, predominando em geral, a idéia de que os principais conceitos científicos são *descobertos* por cientistas, grande parte das vezes a partir de observações neutras da natureza (Capítulo 3).

Para averiguar o pensamento dos alunos sobre este assunto usamos uma questão problematizadora sobre a origem do conceito de átomo (Tabela 14).

**Tabela 14 - O contexto da descoberta científica**

**Pergunta: O que você sabe sobre a origem do conceito de átomo?**

<b>Ategorias</b>	<b>Números de alunos</b>
<b>C1-</b> A primeira idéia de átomo surgiu na Grécia Antiga, com os filósofos Leucipo e Demócrito, como a menor partícula indivisível	03
<b>C2-</b> A idéia surgiu com Dalton, que imaginou o átomo como uma bolinha indivisível	01
<b>C3-</b> Foi descoberto na Grécia	01
<b>C4-</b> Teve sua origem na Grécia e foi proposto por um filósofo observando a manifestação da natureza e algumas experiências	02
<b>C5-</b> Surgiu das pesquisas de alguns cientistas como Rutherford, Thomson, Dalton etc.	01
<b>C6-</b> Surgiu através de experiências e do uso de métodos científicos	01
<b>C7-</b> O conceito de átomo era a menor porção da matéria	01
<b>C8-</b> Surgiu pela necessidade que alguns filósofos tinham de explicar o porque de um dado material, quando triturado ficar cada vez menor	01

Nas categorias identificadas (Tabela 14) aparecem concepções que consideravam que o conceito de átomo *foi descoberto* (**C3**) ou originou-se da observação, da experimentação ou da pesquisa (**C4, C5, C6**). Esta é uma característica da epistemologia empirista, fundamentada no indutivismo ingênuo que reconhece as teorias e conceitos como derivadas imediatamente dos fatos. No entanto, 04 alunos (**C1, C2**) fizeram referência ao conceito de átomo como uma idéia, o reconhecendo, possivelmente, como uma idealização. Um dos alunos referiu-se ao conceito de átomo como uma idéia de Dalton, originalmente, não a reconhecendo como uma criação dos

filósofos gregos Leucipo e Demócrito. Acreditamos que essas concepções são muito influenciadas sobre a forma como os livros didáticos abordam a origem destes conceitos, com uma forte influência da epistemologia empirista-indutivista.

Não é muito comum que os alunos compreendam os conceitos científicos como idealizações que se constituem em *construções teóricas* que podem ser concebidos ou excluídos em diferentes momentos da História da Ciência. O conceito de átomo por exemplo, foi racionalmente criado como um conceito filosófico, na antigüidade grega. Uma brilhante antecipação teórica que alguns séculos depois obteve a sua validação e reconhecimento como conceito científico de fundamental importância.

O trecho a seguir foi retirado de comentário de uma das nossas alunas que participou do estudo piloto, nas entrevistas realizadas ao final da disciplina. Percebemos uma perspectiva mais racionalista e contextualizada nas suas idéias sobre este assunto.

*-“A observação é muito relevante para a produção do conhecimento científico, mas não é a única forma, realmente esta produção pode acontecer com base em idéias, vimos muitos exemplos, como o próprio Dalton. Antigamente se tinha aquela coisa muito fechada, muito rigorosa com relação à importância das suposições e intuições, estas contribuições não eram muito valorizadas. Mas a gente percebe que as suposições de Dalton levaram as explicações de muitas coisas hoje na química. Agora eu entendo que não era apenas a partir das observações, embora a gente esteja acostumado a ver isto na nossa realidade, mas pelos exemplos que nós já estudamos, vimos que vários cientistas partiam de idéias surgidas e que a intuição e as hipóteses são muito importantes também.”(AP1)*

### **8.2.3 Terceira categoria epistemológica: a ciência e a representação da realidade**

Um dos focos de investigação na Epistemologia da Química tem sido as representações feitas pelos cientistas dos vários aspectos do mundo para diferentes propósitos. O interesse nesta questão é uma consequência do largo uso de modelos e outros 'construtos' teóricos como instrumentos da educação científica.

Existe o reconhecimento de que os estudantes de ciência possuem não somente teorias e conceitos distorcidos sobre alguma matéria específica estudada, como também concepções epistemológicas ingênuas e equivocadas que precisam ser repensadas. Uma sugestão para enfrentar este problema seria a inclusão no ensino sobre as ciências da questão da natureza e uso dos modelos científicos e didáticos.

Alguns educadores atribuem a este tema uma importância tão grande que defendem um conceito de ciência como "*processo de construção de modelos conceituais preditivos*" (GILBERT, 1991)

Para investigar esta questão e ter acesso ao entendimento que os estudantes possuíam sobre o conceito de modelo e o seu uso na ciência formulamos duas questões. A ciência e a representação da realidade foram tomadas como terceira categoria epistemológica que incluiu duas dimensões de análise: a natureza dos modelos e o seu uso na ciência. O contexto histórico discutido envolveu o atomismo no século XIX e as controvérsias que aconteceram na comunidade científica para a aceitação da teoria atômica naquele período. (Quadro 6)

**Quadro 6 – Terceira categoria epistemológica**

<b>Terceira categoria epistemológica</b>	<b>Dimensão da análise</b>	<b>Contextos históricos</b>
A ciência e a representação da realidade	A natureza dos modelos Científicos	Controvérsias sobre o atomismo no século XIX
A ciência e a representação da realidade	O uso dos modelos científicos	Controvérsias sobre o atomismo no século XIX

A palavra modelo é amplamente utilizada, seja no nosso cotidiano ou mesmo no âmbito das várias ciências e do ensino de ciências. Vários significados são atribuídos a esta palavra, sendo o mais comum deles o de representação concreta de alguma coisa, justificando o fato de muitos estudantes considerarem que modelos são cópias da realidade.

No âmbito da ciência e da filosofia da ciência, não existe um significado único para a palavra modelo. A noção de modelo científico tem estado muito ligada a de teoria. No entanto, discussões mais recentes têm culminado com o reconhecimento das suas especificidades, apontando para a necessidade de independência na formalização de ambos (GIERE, 2004).

Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001) consideram que os modelos contêm articulações de um grande número de hipóteses de um altíssimo nível de abstração e com um alto grau de formalização, entretanto na Química isto nem sempre é válido. Para os químicos os modelos são representações não somente de objetos, mas de eventos, processos ou idéias. Estas representações podem acontecer de forma concreta, verbal, visual ou matemática (JUSTI; GILBERT, 2003).

Os modelos são importantes ferramentas usadas em inúmeras explicações científicas. Inicialmente, os modelos surgem de idéias na mente dos indivíduos. Assim sendo, independente da forma como um modelo possa ser expresso por uma pessoa, ele existe inicialmente como um modelo mental. Modelos mentais são representações internas, individuais, idiossincráticas e incompletas que os estudantes possuem, fortemente dependentes das suas idéias intuitivas e influenciando na aprendizagem. Os estudos no campo da psicologia cognitiva passaram a considerar que a apropriação de qualquer aspecto da realidade supõe a sua representação, ou seja, a construção de um modelo mental desta realidade (ÁDURIZ-BRAVO, 2002).

Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001) classificam os modelos em dois tipos:

- os de sentido comum: construídos individualmente a partir da experiência cotidiana e das interações sociais; têm uma base no realismo ingênuo e são predominantemente figurativos e “quase-pictóricos”;
- os científicos: construídos pela ação conjunta da comunidade científica usando ferramentas poderosas que possibilitam recortar a realidade considerada teoricamente relevante. Este processo envolve, além do recorte, a abstração, simplificação, reestruturação, analogia que dão lugar ao sistema a ser representado.

Grande parte da atividade do cientista consiste na construção de modelos que servem de representação dos fenômenos estudados. A integração desses modelos em teorias científicas possibilita a resolução de inúmeros problemas.

O papel da idealização e dos modelos no ensino de ciências são questões de grande importância na epistemologia da química e que merecem ser discutidas no seu ensino. Alguns autores têm discutido a importância de um ensino centrado na

modelação para a aprendizagem de conceitos científicos no ensino superior e a necessidade do desenvolvimento de estratégias adequadas para ajudar neste processo (GRECA; SANTOS, 2005).

Os modelos utilizados na Química muitas vezes são representações pictóricas de fenômenos microscópicos inobserváveis ou conceitos abstratos. Tais representações quando convertidas no sistema de signos fundamental para modelação passam a se constituir em modelos analógicos (GRECA; SANTOS, 2005). Os modelos analógicos são modelos didáticos que possibilitam ao aluno o acesso aos saberes científicos através de níveis de pensamento mais concretos e melhor assentados em sua estrutura cognitiva.

Para levantar a concepção de modelo de nossos alunos, solicitamos que eles definissem um modelo científico (Tabela 15).

Tabela 15 - A concepção de modelo científico (alunos de QUI 040)

Pergunta: Como você define um modelo científico?

<b>Categorias Antes</b>	<b>Nº Alunos</b>	<b>Categorias Depois</b>	<b>Nº alunos</b>
<b>CA1-</b> É uma estrutura delimitada para se obter um perfil de um determinado objeto de estudo	01		
<b>CA2-</b> É um desenho ou figura que representa a forma estrutural de algo que não pode ser observado a olho nú	01		
<b>CA3-</b> Algo que foi experimentado, deu certo e deve ser seguido	01		
<b>CA4-</b> É um objeto para ser reproduzido como imitação	01		
<b>CA5-</b> É algo estabelecido criteriosamente, dentro de um determinado contexto	01		
<b>CA6-</b> É uma representação	01	<b>CD6-</b> É a representação de algo (conceito, teoria etc.)	01
<b>CA7-</b> Uma referência tomada como exemplo, ou padrão a ser seguido	02	<b>CD7-</b> É tudo que serve de parâmetro, algo padronizado que serve de referência	02
<b>CA8-</b> Um instrumento usado para representar algo ou um fato	01		
<b>CA9-</b> É uma forma ou algo estruturado com características próprias	01		
<b>CA10-</b> É a representação de uma teoria	01		
		<b>CD11-</b> É uma forma de representação de determinados conceitos químicos	02
		<b>CD12-</b> É uma ferramenta que tenta representar uma realidade mais complexa que não pode ser diretamente visualizada	01
		<b>CD13-</b> É uma forma material, concreta ou esquemática de demonstrar ou representar conceitos, teorias, etc.	02
		<b>CD14-</b> É uma forma de representação que possibilita a ilustração de certas teorias	01
		<b>CD15-</b> É um tipo de representação simples e compreensível de um fenômeno, entidade etc., na tentativa de explicar o mesmo	01
		<b>CD16-</b> É uma forma de representar algo complexo, que não pode ser visualizado, de forma simples e compreensível a todos	04

Inicialmente, as respostas dos alunos foram muito dispersas, o que dificultou o agrupamento em categorias emergentes com características comuns. Dois alunos (**CA6, CA10**) definiram explicitamente o modelo como representação, no entanto, um deles (**CA10**) foi mais específico, considerando como representação de uma teoria. Dois outros alunos consideravam o modelo como desenho ou instrumento que representa algo que não pode ser visto (**CA2, CA8**). A diversidade de entidades que podem ser modeladas não parecia ser reconhecida. Duas outras idéias foram identificadas: a reprodução de algo como uma imitação (**CA4**) ou um padrão ou referência tomada para ser seguida (**CA7**).

No segundo momento as respostas foram mais convergentes predominando a idéia de modelo como uma ferramenta ou forma de representar ou como um tipo de representação, seja de fenômenos, entidades, conceitos ou teorias (**CD11, CD12, CD14, CD15**). Dois alunos consideraram como uma *forma material* (concreta) de representar conceitos ou teorias (**CD13**). Neste momento, dois alunos ainda explicitaram a idéia mais próxima do senso comum de modelo como um padrão a ser tomado como referência (**CD7**). Detectamos um maior número de alunos que passaram a ter um conceito mais adequado de modelo científico.

Debatendo sobre a possível realidade dos átomos, registramos o seguinte trecho da discussão em uma das três equipes que participaram do estudo piloto, após o trabalho em sala de aula e as leituras dos textos:

*- Eu defendo que o átomo existe, agora eu não posso afirmar que é da forma que eu idealizei o meu modelo. Não posso, porque o modelo que eu tenho hoje, amanhã pode estar esgotado e a gente ainda está falando da mesma coisa. Olha o que o professor*



*disse, os objetos são históricos, sujeitos e objetos são históricos, então eu acho que ele existe mas não é da maneira que eu...(AP4)*

*- Pode até ser, na realidade o que a gente não pode hoje é comprovar (AP8)*

*- Você pode sentir os seus efeitos,.... mas eu sei que ele existe.(AP4)*

*- Eu acho que existe, eu acho(AP8)*

*- Na ciência não existe isto, ou é ou não é...., se elabora um modelo, que pode ser aceito ou não(AP4)*

*- Mas lembra que você mesmo disse: se não provarem, de repente é porque ele não existe(AP8)*

*- Se deixar de existir vai passar a existir alguma outra coisa, (AP4)*

*- Para nós que trabalhamos com química, se chegarmos aqui e disserem que o átomo não existe, cai o mundo da gente. Eu acredito piamente, agora a certeza absoluta agente não tem (AP8)*

*- Eu vou viajar agora, mas, eu acredito que se derrubarem o conceito de átomo vão inventar alguma outra coisa para colocar no lugar(AP4)*

*- Se eu tiver que apostar, eu aposto que ele existe, agora a certeza absoluta agente não tem.(AP8)*

*- Eu também tenho esta mesma idéia sobre a existência do átomo, eu acho que o átomo existe até que se prove ao contrário, porque os átomos são básicos para explicar muitas coisas do cotidiano. Estamos sempre voltando para o átomo para tentar explicar porque o CO<sub>2</sub> a temperatura ambiente é um gás, enquanto outras substâncias, como por exemplo, ácido sulfúrico é um líquido, você tem de ir lá para estrutura atômica. Lá você tem explicações detalhadas.(AP7)*

Na discussão anterior, notamos que os alunos expressaram a crença na realidade do átomo, ainda manifestando uma visão realista ingênua. Nesta visão acredita-se que a realidade existe independentemente da nossa cognição e *que as entidades teóricas da ciência são reais* e devem descrever o mundo como ele realmente é.

Entretanto, os alunos reconheciam a necessidade de modelos para intermediar esta suposta entidade (o átomo) visualizada através de artifícios tecnológicos e que tais modelos não são definitivos '*[...] porque o modelo que eu tenho hoje, amanhã pode estar esgotado e a gente ainda está falando da mesma coisa.*'(AP4)

O reconhecimento da importância do conceito de átomo na fundamentação teórica da Química atual também ficou evidente quando o aluno afirmou: '*[...]se chegarmos aqui e disserem que o átomo não existe, cai o mundo da gente.*'(AP8)

A historicidade do conhecimento científico foi também expressa na afirmação do aluno AP4: '*Olha o que o professor disse, os objetos são históricos, sujeitos e objetos são históricos [...]*'. Mesmo se remetendo a autoridade do professor, o aluno expressa a sua percepção na mutabilidade do conhecimento científico.

Muitos campos conceituais da Química sofreram poucas transformações teóricas à luz da Teoria Quântica. Como consequência, grande parte dos conteúdos de Química do ensino médio e dos primeiros anos do ensino superior são embasados em modelos fortemente realistas, necessitando do uso de representações pictóricas para a sua compreensão. Nesta abordagem, o átomo é compreendido como um sistema material, concreto e realista e este tipo de modelo é utilizado para a compreensão de outros conteúdos químicos.

Comentando sobre a influência do realismo na Química, Bachelard consegue expressar em poucas palavras, a sua forte presença na produção do conhecimento químico: *“A experiência química aceita tão facilmente as proposições do realismo, que não se sente a necessidade de a traduzir numa outra filosofia”* (BACHELARD, 1991, p.50). Este filósofo propõe a distinção entre “real científico” e o “real dado” ou aparente, onde o segundo é o próprio fenômeno ou evento, sendo relacionado ao senso comum. Contudo, a compreensão do conceito de real científico necessita da noção de “fenomenotécnica” (p.302), porque é na relação sujeito-objeto mediada pela técnica que o real científico se concretiza. O real científico pressupõe um nível de realismo mais sofisticado que rompe com o empirismo que caracteriza as primeiras impressões.

A importância dos modelos na epistemologia da química é amplamente reconhecida, portanto, existe a necessidade de se discutir o uso de modelos e da modelagem na educação em ciências (DEL RE, 1998; ERDURAN, 2001; GIÈRE, 2004; SCERRI, 2000, 2001; PIETROCOLA, 1999; SILVA, 1999). Levando em conta esta questão, formulamos a pergunta sobre *o porquê dos modelos científicos serem usados na ciência*. O nosso objetivo era fazer o aluno compreender melhor a natureza dos modelos.

A Tabela 16 a seguir, apresenta as respostas dos alunos nos dois momentos pré e pós discussão em sala.

Tabela 16 - O uso de modelos científicos na ciência

**Pergunta: Por que os modelos são usados na ciência?**

<b>Categorias Antes</b>	<b>Nº alunos</b>	<b>Categorias Depois</b>	<b>Nº alunos</b>
<b>CA1-</b> Porque obedecem a regulamentos padronizados que permitem seguir a metodologia científica	01		
<b>CA2-</b> São utilizados para o estudo de transformações provenientes de partículas que são invisíveis.	01		
<b>CA3-</b> Para dar base para o conhecimento humano	01		
<b>CA4-</b> Servem para reproduzir teorias	01		
<b>CA5-</b> Possibilita a busca de novos métodos e teorias	01		
<b>CA6-</b> Para facilitar a compreensão e a aprendizagem de conceitos e teorias	03	<b>CD6-</b> Para demonstrar de uma melhor forma os conceitos e/ou teorias científicas	01
<b>CA7-</b> Possibilita novas descobertas	01		
<b>CA8-</b> Para contextualizar a ciência	01		
<b>CA9-</b> Para representar o que não pode ser visualizado	01	<b>CD9-</b> Para justificar e representar fatos que só podem ser explicados através de entidades que não podem ser visualizadas	03
<b>CA10-</b> Para explicar a regularidade de determinados acontecimentos	01		
		<b>CD11-</b> Para especificar algo que se tem como referência	01
		<b>CD12-</b> Para se tentar explicar através de representações, entidades ou fenômenos	05
		<b>CD13-</b> Para que possamos visualizar acontecimentos, materializar formas através de desenhos, esquemas tendo como objetivo principal simplificar	01
		<b>CD14-</b> Permite se fazer novas descobertas ou aprimorar aquelas já existentes	01
		<b>CD15-</b> Possibilita a estratificação do conhecimento, permitindo seu melhor entendimento	01
		<b>CD16-</b> Para proporcionar uma compreensão mais adequada e mais acessível da realidade, de uma forma consensual	01

De início, os alunos imaginavam o uso de modelos para ajudar no entendimento ou explicação de alguma coisa (conceitos, teorias, acontecimentos, transformações

etc.), possibilitando a fundamentação da ciência (**CA2, CA5, CA6, CA8, CA10**). Três respostas consideravam o uso dos modelos numa perspectiva de investigação ou estudo 'na busca de novos métodos, teorias e descobertas' (**CA2, CA5, CA7**).

No segundo momento, quatro alunos deram respostas muito semelhantes às aquelas iniciais (**CD6, CD9**). A maior parte dos alunos não manifestou o reconhecimento da importância dos modelos como suporte para a criatividade e produção de novos conhecimentos, mantendo concepções que consideram que os modelos possibilitam a explicação de fenômenos, acontecimentos, entidades não visualizadas, conceitos, teorias etc., através das suas representações (**CD9, CD12, CD13**). Apenas um aluno (**CD14**) explicitou esta perspectiva quando afirmou: *'Permite se fazer novas descobertas ou aprimorar aquelas já existentes'*. Outro aluno manteve uma compreensão muito próxima do senso comum quando afirmou que o modelo é usado *"Para especificar algo que se tem como referência"* (**CD11**).

A análise desta categoria epistemológica (terceira) nos surpreendeu, uma vez que, imaginávamos que haveria, em maior extensão, a explicitação de concepções realistas mais críticas; o que não aconteceu. Consideramos que neste caso houve uma menor incorporação dos conteúdos discutidos nas concepções identificadas no segundo momento, o que nos estimula a sugerir, em outra oportunidade, um aprofundamento na investigação destas dimensões, com o intuito de encontrar meios de superar esta dificuldade.

Consideramos que, em outro momento, na nossa abordagem sobre as controvérsias do atomismo no século XIX, precisaremos ter uma atenção especial na apresentação do antiatomismo, direcionando a discussão para ajudar na compreensão do átomo na perspectiva do realismo crítico. Naquele século (XIX), no ambiente da

Química Clássica, considerava-se que as hipóteses, inclusive a atômica, deveriam ser verificadas pelos sentidos, supondo-se que o mundo natural era estruturado de forma compatível aos nossos sentidos; a clareza de uma concepção era avaliada pela possibilidade de sua representação.

No século XX, a Teoria Quântica se constituiu fundamentada na impossibilidade de visualização do átomo. Mesmo que, em alguns momentos tenhamos lembrado que a teoria quântica mudou radicalmente a compreensão do que chamamos átomo hoje, os alunos não manifestaram durante a discussão, a percepção da necessidade de uma construção mais racionalista para o atual modelo de átomo.

Nos parece que é muito forte no ensino da Química a opção pelo realismo ingênuo em relação às representações químicas. Mesmo na Universidade, esta situação parece ainda se manter. Esta é uma situação que se contrapõe à produção do conhecimento químico ao longo da História que precisou romper, muitas vezes, com o real dado e aparente. A frase de Bachelard a seguir expressa, de alguma forma, a influência do realismo na cultura química: “[...] a filosofia química mergulhou sem resistência no realismo. A Química tornou-se assim o domínio de eleição dos realistas, dos materialistas, dos antimetafísicos” (BACHELARD, 1991, p.49).

Na Filosofia da Ciência contemporânea esta é uma discussão muito complexa e que envolve a própria noção de ‘verdade’. Na perspectiva do realismo não representativo, por exemplo, o mundo físico existe independente da nossa cognição; no entanto esta tendência filosófica não considera que as teorias propostas descrevam entidades do mundo, não incorporando uma teoria da verdade da correspondência. Nesta perspectiva não existe a possibilidade de acesso ao mundo independente das teorias (CHALMERS, 1995). Como vimos no Capítulo 3, esta é uma perspectiva

defendida pelas novas filosofias da ciência surgidas no século XX, fundamentadas em filósofos como Hanson (1975), entre outros.

Mesmo reconhecendo o problema anterior, em uma das entrevistas que fizemos com um aluno do estudo piloto ao fim da disciplina, percebemos uma perspectiva mais racionalista em relação ao seu posicionamento sobre os modelos e a representação da realidade. Parece existir a percepção de que os modelos construídos tentam se aproximar da realidade, não sendo cópias de objetos reais.

Eu acho que a realidade existe e que ela está aí fluindo, porque agente percebe. O mais interessante e fascinante da ciência é que ela constrói modelos e quando você vai para a prática percebe que há uma correspondência, e eu vejo que esta correspondência está um pouco mais precisa hoje do que era no passado[...] Eu acho que os cientistas devem procurar esta correspondência das suas construções com a realidade, mas nem sempre ela corresponde. Porque nós somos limitados e qualquer instrumento que agente produza também é limitado, agente está procurando chegar próximo, se aproximar. O cientista visa uma aproximação com a realidade.(AP4)

### **8.3 Reflexões finais da primeira parte da investigação didática**

O nosso estudo detectou que a compreensão da natureza da ciência durante a formação inicial, não têm acontecido de maneira satisfatória. Mesmo considerando-se que os alunos do curso de Química investigados não eram de uma mesma amostra, percebemos que as concepções sobre a natureza da ciência levantadas não eram muito diferentes entre os ingressos e os graduados.

O trabalho realizado na disciplina História da Química (QUI 040), fundamentado numa abordagem explícita de questões epistemológicas, possibilitou alguns avanços em relação as concepções iniciais detectadas entre nossos alunos. Concepções mais elaboradas e menos ingênuas foram identificadas nos momentos posteriores ao

trabalho didático realizado em cada aula, a medida em que detectamos novas categorias que refletiam posições mais racionalistas e contextualizadas sobre o conhecimento científico.

Avaliamos positivamente a abordagem de controvérsias científicas na disciplina, considerando que ela possibilitou, em especial, o reconhecimento da ciência como uma atividade humana sujeita a erros e conflitos, além da percepção da provisoriedade do conhecimento científico.

Mesmo levando em conta as dificuldades que os nossos alunos tinham de se envolver nas discussões, principalmente quando toda a sala era convidada a participar, consideramos que a metodologia usada na intervenção didática com discussões em grupos menores após o debate ampliado, possibilitou uma razoável participação da maior parte dos alunos nesse momento, registrada através de gravação mecânica. Uma outra questão detectada foi a dificuldade explicitada por alguns alunos de realizarem leituras em textos que abordavam questões mais filosóficas. Segundo os alunos, o maior problema decorre da linguagem utilizada nestes textos, que não os é familiar. No decorrer do processo, considerando estes fatos e com o intuito de minimizar as dificuldades, tentamos trabalhar com textos mais simples e que possuíam uma linguagem mais acessível.

Considerando os resultados obtidos, esta parte de nossa investigação confirmou nossa expectativa inicial de que mesmo numa disciplina específica de História da Química é possível introduzir conteúdos de Filosofia da Ciência, envolvendo os alunos em discussões sobre este assunto e possibilitando uma maior compreensão da natureza da ciência.



# **CAPÍTULO 9**

**CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DE CONCEITOS  
CIENTÍFICOS E APRENDIZAGEM**

## 9 Contextualização histórica de conceitos científicos e aprendizagem

Como foi visto no Capítulo 2, a aproximação da História e Filosofia da Ciência do processo de ensino e aprendizagem tem sido vista como uma importante alternativa para a superação da crise detectada na educação científica nas últimas décadas. Analisando possíveis contribuições da História e Filosofia da Ciência para a educação científica, Matthews (1994) reconhece que ela pode possibilitar uma melhor compreensão do conteúdo específico, ajudando na aprendizagem de grande quantidade de fórmulas e equações que os estudantes repetem sem entender os significados adequados.

No âmbito da Filosofia da Ciência existe o reconhecimento de que os conceitos e teorias científicas sofrem modificações graduais ou radicais no decorrer da história (KUHN, 1996; TOULMIN, 1972). Os conceitos são gestados dentro de uma base interpretativa teórica e sua validação depende da adequação dos seus significados ao quadro teórico em que se encontram inseridos e das relações estabelecidas com outros conceitos. O estudo do contexto histórico em que um conceito foi construído e as modificações sofridas no tempo, tendo como ponto de partida o referencial teórico original, tem sido uma das importantes linhas de investigação na área da Didática das Ciências.

Levando em conta o caráter relacional dos conceitos e que tais relações são históricas; defendemos que a História e Filosofia da Ciência podem fornecer informações importantes sobre como um conceito científico foi construído, modificado

ou ampliado, ajudando na discriminação de significados, no desenvolvimento e enriquecimento conceitual e conseqüentemente, numa aprendizagem significativa.

Considerando esta situação e levando em conta as questões 3 e 5 formuladas na Introdução (p. 23) do nosso trabalho, passamos a investigar a compreensão dos nossos alunos de conceitos como a quantidade de matéria e o mol. Estes conceitos foram escolhidos porque o conceito de mol surgiu num contexto de controvérsias científicas que envolveu a aceitação do atomismo no século XIX. Por outro lado, o conceito de quantidade de matéria proposto no século XX para substituir o número de mol, tem enfrentado problemas para a sua consolidação nos meios acadêmicos.

Para facilitar a nossa investigação, desdobramos a problemática inicial em cinco questões mais específicas apresentadas a seguir:

1. Que idéias têm os nossos alunos de química sobre os conceitos de quantidade de matéria e mol?
2. Em que medida os significados que eles atribuem a este conceito estão de acordo com as atuais recomendações da comunidade científica internacional representada pela IUPAC?
3. Como os livros didáticos de Química Geral apresentam os conceitos de quantidade de matéria e mol?
4. A apresentação destes conceitos nos livros didáticos de Química Geral tem influenciado na compreensão destes conceitos?
5. Existiria alguma relação entre o desconhecimento da história destes conceitos e as dificuldades de sua compreensão?

As respostas às questões anteriores, possivelmente nos permitirão chegar a algumas conclusões sobre a relação entre a História e a Filosofia e a aprendizagem de

conceitos científicos. A nossa intenção era de verificar se o conhecimento da origem e evolução dos conceitos de quantidade de matéria e mol poderia ajudar na compreensão desses conceitos. Consideramos que as respostas a estas questões têm uma grande importância didática e poderão ajudar no reconhecimento pela comunidade acadêmica, da necessidade de uma maior valorização da historicidade dos conceitos no processo de ensino e aprendizagem das ciências.

### 9.1 Os conceitos científicos de quantidade de matéria e mol

Entre os conceitos químicos que articulam o mundo empírico (macroscópico) e a natureza íntima da matéria (mundo microscópico não visualizado diretamente, mas que pode ser modelado) encontra-se um conceito fundamental e muitas vezes, pouco compreendido: a *quantidade de matéria*. Este conceito é uma das sete grandezas que constituem o Sistema Internacional de Unidades (SI), simbolizada por  $n$  e que tem como unidade o *mol* (INMETRO, 2003). A introdução desta grandeza no SI sedimentou a idéia, hoje consensual, de que a matéria macroscópica é constituída por entidades elementares microscópicas (átomos, elétrons, íons, etc).

Até o século XIX, a matéria era caracterizada quantitativamente pelo peso (no sentido de massa) e/ou pelo volume. Entretanto, o peso é uma força que, de acordo com a segunda lei da mecânica clássica, é diretamente proporcional à massa. Por isso, o peso pode ser empregado em lugar da massa, embora estas duas grandezas não sejam idênticas. Por outro lado, o volume é a quantidade do espaço ocupado por um dado corpo. Assim, a matéria era quantificada em termos macroscópicos, pelos efeitos

produzidos em balanças e, no caso de sistemas fluidos, pelo espaço ocupado em equipamentos para medida de volume.

Com a consolidação do atomismo, na primeira metade do século XX, físicos e químicos passaram a reconhecer a necessidade de uma outra grandeza quantitativa da matéria, além da massa (peso) e do volume, nesse caso, associada às entidades microscópicas elementares. Segundo Rocha-Filho (1988) o termo alemão inicialmente usado para esta nova grandeza foi *Stoffmenge*. Em 1961, E. A. Guggenheim, publicou um artigo, traduzindo este termo para o inglês como *amount of substance*. No francês a expressão equivalente é *quantité de matière*, o que parece ter influenciado o nome adotado no Brasil, *quantidade de matéria*, uma vez que *matière* pode ser traduzido para o português tanto como matéria quanto como substância. Em língua espanhola e inglesa, bem como em Portugal, o termo adotado é quantidade de substância.

Possíveis controvérsias a respeito da denominação correta da grandeza em foco podem ser resolvidas pela distinção entre matéria e substância. Consideramos que ‘substâncias’ são *modelos materiais* relativamente simples, tendo por constituintes microscópicos apenas um tipo de átomo ou de molécula ou ainda, grupos de íons diferentes em proporções precisamente definidas, ou seja, um mesmo tipo de espécies químicas<sup>1</sup>. Contudo, a maioria dos corpos materiais são misturas, portanto, não são substâncias.

A idéia de matéria, por outro lado, inclui as substâncias e vai além, abrangendo misturas de todos os tipos e sistemas submetidos a condições onde a maioria das

---

<sup>1</sup> Adotamos os termos *constituente ou espécies químicas* para designar as entidades elementares que constituem a matéria. Neste sentido, concordamos com ROCHA-FILHO *et al.* (1988) que consideram o *constituente* como a unidade que dá identidade a uma substância ou “conjunto de átomos que caracteriza uma substância particular” e *componentes* como os átomos que formam os *constituintes*.

substâncias são instáveis, por exemplo, estrelas. É nesse sentido que consideramos a denominação quantidade de matéria mais apropriada que quantidade de substância porque, sendo mais abrangente, se aplica a todos os sistemas materiais e não apenas às substâncias.

A quantidade de matéria é uma *quantidade química* (MILLS *et al.*, 1993) que se relaciona diretamente com os conceitos de massa, volume e número de entidades elementares, fundamentando outros conceitos mais complexos de diversos conteúdos químicos como: estequiometria química, concentração de soluções, equilíbrio químico, etc., constituindo-se num importante pré-requisito tanto para a aprendizagem de conhecimentos mais específicos, como para a resolução de alguns tipos de problemas químicos.

## 9.2 A gênese do mol como quantidade macroscópica de matéria

Como foi visto no capítulo 6, o século XIX foi marcado pelo debate entre atomistas e anti-atomistas. Assim, enquanto parte da comunidade científica compreendia a matéria como constituída por entidades elementares microscópicas, outros admitiam a teoria atômica daltoniana apenas como “*uma hipótese útil, porém impossível de ser demonstrada*” (CHAGAS, 2003, p. 36). Em grande parte, a resistência à aceitação dos conceitos de átomo e molécula estava relacionada com o caráter hipotético destes conceitos relacionado a impossibilidade de sua observação direta e a ausência de meios que possibilitassem inferências de sua existência a partir de outras observações.

Naquele período, diversos programas de pesquisa anti-atomistas surgiram, a exemplo do energeticismo, que defendia a termodinâmica como modelo de teoria científica, que não necessitava de explicações mecânicas ou que se baseassem em entidades hipotéticas.

Imerso neste ambiente e assumindo uma atitude anti-atomista, Ostwald adotou em 1889, o termo *Mol.* (com um ponto após a palavra) como abreviatura de *molécula-grama*, expressão que supostamente havia sido introduzida na Físico-Química por Walter Nerst anteriormente. Posteriormente, o ponto indicativo da abreviatura foi retirado (LYBECK *et al.* 1985 *apud* ROCHA-FILHO, 1988).

Ostwald reconhecia a utilidade da hipótese atômica, embora considerasse átomos e moléculas como entidades teóricas e metafísicas, que não podiam ser visualizadas nem provadas experimentalmente. Neste contexto, passou a fazer uso da palavra *mol* considerando que não havia evidências científicas suficientes sobre a existência de moléculas; portanto, a denominação *mol* era preferível a *molécula-grama*, que referia-se a hipotéticas entidades microscópicas materiais. Ou seja: o significado adotado para o *mol* valorizava o referencial macroscópico em oposição ao referencial microscópico em que a molécula se enquadrava. O *mol* era identificado como uma porção de matéria ou uma quantidade de massa (peso) química.

A palavra *mol* tem uma etimologia latina e significa pilha, monte grande ou grande quantidade, portanto estaria mais adequado a um referencial macroscópico expressando a idéia originalmente adotada de *massa grande*. O uso deste termo aconteceu pela primeira vez quando Ostwald realizava experimentos de abaixamento do ponto de congelamento de soluções de água oxigenada com o objetivo de

determinar o seu *peso normal* (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999). Neste contexto ele fez uso do termo mol com um significado de peso<sup>2</sup>, definindo-o no trecho a seguir:

Assim, se tem constatado que, quando se dissolve em um litro ou 1.000 g de água um mol de uma substância qualquer (o peso normal ou molecular expresso em gramas deve-se denominar a partir de agora abreviadamente de mol), a dissolução resultante congela a  $-1,850^{\circ}$ [...] (OSTWALD, 1902, p. 156, *apud* FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999, p.362). (Tradução nossa)

O pensamento de Ostwald e a sua linguagem refletem o contexto histórico deste período marcado pelo embate entre atomistas e equivalentistas acontecido, principalmente, na primeira metade do século XIX. A identificação feita por Ostwald do mol com o peso normal de uma substância expresso em grama, enquadra-se bem na tradição equivalentista que identificava a quantidade de substância com o peso, valorizando as grandezas macroscópicas e mensuráveis.

O Equivalentismo defendia que todos os problemas envolvendo o cálculo de quantidades químicas poderiam ser resolvidos através de conceitos macroscópicos e questionava a interpretação das combinações químicas tendo como base as hipóteses introduzidas por Dalton e Avogadro. As idéias equivalentistas estavam em harmonia com o pensamento positivista, que enfatizava a medida de propriedades visíveis e mensuráveis a exemplo do volume e do equivalente. Nesse episódio percebe-se que o forte comprometimento de cientistas com um determinado pensamento filosófico pode dificultar a aceitação de novos conhecimentos científicos. (Capítulo 5)

A associação feita por Ostwald do seu conceito de mol com o peso legitimou conceitos como: átomo-grama, molécula-grama, fórmula-grama, equivalente-grama,

---

<sup>2</sup> Naquele período usava-se o termo *peso* atômico para designar o que hoje denominamos de *massa* atômica relativa, expressão atualmente recomendada pela IUPAC. O peso normal ou molecular é hoje denominado massa molecular.



etc., que foram muito utilizados na Química durante o século XX. Posteriormente, tentou-se unificar as visões atomista e equivalentista nos cálculos químicos através destes conceitos.

### **9.3 A constante de Avogadro: possibilitando a mediação entre o macroscópico e o microscópico**

Com a consolidação da teoria atômica e a aceitação de que a matéria era composta por partículas microscópicas, retomou-se os conceitos de molécula-grama e átomo-grama visando a determinação do número das partículas ou entidades elementares (átomos, moléculas ou íons) relativos a estas grandezas. A relação do mol com um número padrão de partículas parece ter acontecido no início do século XX, articulação possibilitada pela determinação de um valor mais preciso da constante de Avogadro ( $N_A$ ) (Capítulo 6).

Como visto no capítulo 6, a aceitação do atomismo de forma ampla aconteceu, principalmente, a partir dos trabalhos feitos no início do século XX por Jean Perrin, que levaram à determinação empírica e mais precisa da constante de Avogadro e estudos sobre ionização de gases em tubos de descargas que culminaram com a descoberta das partículas sub-atômicas.

As determinações da constante de Avogadro por Perrin tiveram como fundamento a teoria cinético-molecular e empregaram diferentes técnicas independentes que produziram resultados congruentes, servindo desse modo, como comprovação da realidade atômica em uma variedade de fenômenos. Em 1910

Ostwald rendeu-se ao atomismo, admitindo a existência de fundamento para a teoria corpuscular da matéria:

Eu estou hoje convencido que nós obtivemos recentemente a prova experimental da natureza discreta ou granular da matéria (...). Ter isolado e contado os íons gasosos de um lado (...) e, de outro, o acordo entre o movimento browniano e as exigências da hipótese cinética (...) permitem ao mais prudente dos sábios falar da prova experimental da teoria atômica da matéria. A hipótese atômica elevou-se portanto à categoria de uma teoria científica bem estabelecida (OSTWALD, 1910, *apud* OLIVEIRA, 1993, p.61)

A constante de Avogadro, que possui a unidade  $\text{mol}^{-1}$ , expressa a relação entre o número de entidades elementares microscópicas em uma amostra e a sua quantidade de matéria, ou seja:  $N_A$  é número de entidades elementares por mol de matéria. Desse modo, *estabelece a relação entre os mundos macroscópico e microscópico*.

A determinação desta constante teve como precursor o número de Loschmidt, obtido pelo pesquisador Joseph Loschmidt em 1865, como o número de moléculas contidas em  $1\text{cm}^3$  de gás, sobre condições físicas padrão. (HAWTHORNE JUNIOR, 1973). No século XIX, o cálculo do número de partículas contido em uma certa porção de matéria era indireto e dedutivo, tendo o trabalho de Loschmidt sido uma referência para outras determinações realizadas à época. Os métodos utilizados eram físicos e não químicos e, além de indiretos eram altamente engenhosos em suas deduções que utilizavam equações da teoria cinética molecular.

No século XX, graças aos avanços tecnológicos, as determinações de  $N_A$  passaram a ter em comum a comparação da propriedade de uma porção da matéria com uma medida da propriedade individual do átomo ou molécula constituinte dessa porção. Estas determinações tornaram-se cada vez mais precisas e a incerteza relativa hoje é de 0,59 ppm. Uma firme articulação do número de Avogadro com o conceito

químico de mol aconteceu no século XX, graças à criação de muitos experimentos possibilitados pelos avanços técnicos (HAWTHORNE JUNIOR, 1970, 1973).

A constante de Avogadro é uma grandeza obtida empiricamente, produto de um número puro ( $6,02214199 \times 10^{23}$ ) por uma unidade de medida ( $\text{mol}^{-1}$ ). O valor desta constante hoje recomendado pode ser alterado se métodos mais precisos para determinação do seu valor forem elaborados (ROCHA-FILHO; SILVA, 1991, 1995; ROGADO, 2004).

#### 9.4 A redefinição do mol e suas implicações

Segundo Dierks (1981), as discussões sobre as dificuldades no uso da quantidade de matéria e do mol começaram a acontecer somente após a redefinição do mol acontecida através da União Internacional de Física Pura e Aplicada (IUPAP)<sup>3</sup> a partir de 1957 e posteriormente, da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), na década de sessenta. Estes acontecimentos revelaram alguns problemas relacionados com a compreensão destes conceitos que anteriormente não eram percebidos.

Em 1958 a IUPAP propôs a seguinte definição relacionando os dois termos:

1 mol (cujo símbolo é a própria palavra mol) é a quantidade de matéria que contém o mesmo número de moléculas (ou íons, ou átomos, ou elétrons) que existem em exatamente 16 g do isótopo do Oxigênio puro  $\text{O}^{16}$  (IUPAP, 1958 *apud* DIERKS, 1981, p. 146).

---

<sup>3</sup> A IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), a IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) e a ISO (International Standards Organization) são instituições internacionais que têm entre os seus objetivos a normatização e simplificação da linguagem científica utilizada no mundo inteiro.

Posteriormente uma nova definição foi apresentada pela IUPAC contendo novos termos que introduziram modificações no significado anterior, numa tentativa de tornar este conceito mais concreto através da precisão da natureza das entidades elementares (FURIÒ; AZCONA; GUIASOLA, 1999). O mol passou a ser definido da seguinte maneira:

O mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares como átomos de carbono-12 existentes em 0,012 kg do Carbono-12. Quando se utiliza o mol as entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, íons, elétrons e outras partículas ou grupos específicos de tais partículas (MILLS *et al.*, 1993, p.70).

A introdução da grandeza *quantidade de matéria* — ou seja, a restrição do significado da expressão quantidade de matéria — e a redefinição do mol como unidade de medida desta grandeza aconteceram ao mesmo tempo em que houve a unificação das escalas de massas atômicas utilizadas por físicos e químicos, através da adoção do nuclídeo (isótopo) do carbono 12 como padrão de massa atômica, a partir de janeiro de 1962.

Em 1971, levando em conta as propostas da IUPAC, IUPAP e ISO (Organização Internacional de Padronização), a 14<sup>a</sup> Conferência Geral de Pesos e Medidas recomendou o uso do mol como uma unidade do Sistema Internacional (SI) para a grandeza quantidade de matéria (ROCHA-FILHO, 1988; ROCHA-FILHO; SILVA, 1991).

*A quantidade de matéria foi definida, portanto, como uma grandeza macroscópica relacionada ao número de entidades microscópicas elementares contidas em um corpo material. Seu valor é expresso na unidade denominada mol, que corresponde a  $6,022 \cdot 10^{23}$  entidades elementares materiais.*

Admitindo-se como pressuposto que toda porção macroscópica de matéria é constituída por entidades elementares microscópicas, é lógico que a quantidade de matéria deva ser medida em termos da quantidade dessas entidades elementares. Este é um ponto de vista privilegiado para o estudo dos sistemas materiais porque ao raciocinar em termos dos constituintes da matéria podemos compreender, explicar e prever o comportamento de porções macroscópicas, tal como acontece nas fábricas e laboratórios. Portanto, não se trata de uma conceituação científica vazia de valor social e operacional.

As grandezas massa e volume não são as mais adequadas para o estudo da matéria. Uma reação química adquire uma representação mais simples quando as quantidades de matéria são expressas em mol, em lugar de quilograma ou metro cúbico.

O volume de um corpo é o espaço ocupado pelo corpo, vale dizer, o espaço ocupado pelo conjunto de seus constituintes. Daí a relação direta entre volume e quantidade de matéria: quanto maior a quantidade de matéria, maior o volume do corpo e vice-versa. Entretanto espaço e constituição da matéria são propriedades totalmente distintas.

A massa de um corpo, medida em balanças como peso, refere-se à interação gravitacional do corpo com a Terra. Logo, a massa não é igual a quantidade de matéria cuja medida independe da existência da gravidade. Contudo, há um vínculo de proporcionalidade direta entre ambas: ao variar a quantidade de matéria do corpo varia sua interação gravitacional no mesmo sentido. De fato, a massa de uma porção de matéria é a soma das massas de seus constituintes.

A quantidade de matéria ( $n$ ), o número de entidades elementares ( $N$ ), a massa ( $m$ ), e o volume ( $V$ ), são quatro grandezas que podem caracterizar uma amostra qualquer de matéria. São grandezas extensivas e intrínsecas à amostra, sendo todas diretamente proporcionais entre si e envolvendo três constantes de proporcionalidade: uma geral:  $N_A$  (constante de Avogadro) e duas específicas para cada amostra:  $M$  (massa molar) e  $V_m$  (volume molar). Contata-se portanto, que a definição moderna da grandeza quantidade de matéria é do “*tipo relacional*”.

As relações de proporcionalidade da quantidade de matéria ( $n$ ) com a massa ( $m$ ), o volume ( $V$ ) e o número de entidades elementares ( $N$ ) são dadas no Quadro 7, a seguir:

**Quadro 7 – Relações de proporcionalidade da quantidade de matéria**

<b>Relação com a massa</b>	<b><math>m \propto n</math></b>	<b><math>m = M.n</math></b>
<b>Relação com o volume</b>	<b><math>V \propto n</math></b>	<b><math>V = V_m.n</math></b>
<b>Relação com o número de entidades elementares</b>	<b><math>N \propto n</math></b>	<b><math>N = N_A.n</math></b>

Estas relações são muito importantes na obtenção dos valores da quantidade de matéria e da quantidade de entidades elementares. Uma vez que estes não podem ser obtidos por medida direta, são calculados através da massa ou do volume do corpo, propriedades facilmente mensuráveis. Um ponto que deve ficar bem claro é que, embora a quantidade de matéria esteja relacionada a outras grandezas, não se confunde com elas, pois cada qual tem um significado próprio: a massa vai se relacionar com a interação gravitacional, o volume refere-se a espaço e entidades elementares referem-se a constituintes microscópicos da matéria.

De acordo com Furió, Azcona e Guisasola (2002), mesmo após as modificações introduzidas e já se considerando a nova definição proposta para o mol, este continuou assumindo vários significados no ensino de Química, alguns deles equivocados, a exemplo de: massa química — neste caso podem ser usados termos como: molécula-grama, átomo-grama e fórmula-grama como sinônimos — ou um sentido numérico correspondente ao número de entidades elementares, em alguns casos o próprio número de Avogadro. Algumas concepções errôneas se mantêm entre alguns autores e publicações, bem como entre professores.

Furió, Azcona e Guisasola (1999) chamam atenção para o fato de que as modificações introduzidas ainda não foram bem assimiladas pela comunidade docente e discente. Apesar da redefinição da quantidade de matéria e do mol terem provocado mudanças na nomenclatura de grandezas usadas pelo químico na sua atuação profissional, parte dos docentes e dos estudantes ainda faz uso do termo *número de mols* ou quando utilizam a quantidade de matéria costumam atribuir-lhe um significado inadequado (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999; MOL; SILVA, 1998; STAVER; LUMPE, 1993).

Do nosso ponto de vista, a permanência do emprego do *número de mols* para significar quantidade de matéria se deve ao fato da expressão quantidade de matéria ter um uso coloquial mais amplo, relacionado a outras grandezas como massa e volume. O mol é um termo estranho ao vocabulário leigo e por isso, *número de mols* pode ser empregado como denominação de uma grandeza diferente, sem remeter o leigo, necessariamente, à massa e ao volume. É como se acontecesse uma recuperação da terminologia equivalentista, mesmo que de forma não voluntária.

Em nosso entender, a ambigüidade decorrente da familiaridade coloquial da expressão quantidade de matéria pode ser responsável por boa parte das dificuldades que são sentidas por químicos e professores. De fato, tem havido propostas para o emprego de terminologias alternativas à expressão quantidade de matéria: quantidade molar, quantidade química, particularidade, numerosidade, são alguns termos sugeridos, entre outros (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 2002; ROCHA-FILHO, 1988).

Por outro lado, cientistas e professores são seres humanos normais que empregam a linguagem do senso comum no seu cotidiano de modo que, também podem apresentar resistências às mudanças conceituais e vocabulares, o que explicaria a permanência de terminologia e conceituação inadequadas em materiais didáticos e salas de aula. Consideramos que a adoção do *número de mols* como designação da quantidade de matéria, cria dificuldade à aprendizagem do significado da grandeza quantidade de matéria, mas não do significado de mol propriamente dito.

Toda grandeza possui um nome próprio cujo significado precisa ser aprendido para ser usado com adequação. O nome próprio da grandeza que expressa a quantidade de matéria de um corpo é *quantidade de matéria* e o *número de mols* (mesmo não sendo mais recomendado) é, tão somente, o valor de sua medida no corpo considerado. Do mesmo modo que não se costuma empregar *número de quilos* para significar massa, ou *número de litros* para significar volume — embora os valores destas grandezas sejam dados por tais números — não se deve substituir quantidade de matéria por *número de mols*. Cabe a nós, professores, trabalhar no sentido da superação da resistência à adoção da quantidade de matéria como termo científico, explicitando os significados que lhe estão associados no senso comum.



## **9.5 O conceito de quantidade de matéria nos livros didáticos de Química Geral**

O livro didático no Brasil tem se constituído no mais importante instrumento de trabalho do professor, uma vez que outros materiais como filmes, slides, etc, necessitam de investimentos financeiros muito maiores para a sua produção, divulgação e utilização. Esta afirmação está subsidiada em estudos de diferentes pesquisadores (FREITAG; MOTTA; COSTA, 1987; SOARES, 1996).

Freitag, Motta e Costa (1987) constataram que o livro texto tem atuado como modelo de referência, autoridade absoluta e critério último de verdade. A causa desta autoridade está na formação deficiente dos professores que não são capacitados a organizar, de modo autônomo, suas estratégias de ensino e conteúdos de trabalho.

Diante desta situação fomos investigar a apresentação dos conceitos de quantidade de matéria e mol nos principais livros de Química Geral adotados nas disciplinas do nosso Departamento. A nossa intenção era avaliar se havia alguma relação entre esta apresentação e os resultados obtidos no levantamento dos conceitos prévios dos nossos alunos.

Escolhemos dezesseis livros para analisar, com edições publicadas entre 1973 e 2005. Os livros escolhidos foram os mesmos que utilizamos na análise realizada no capítulo 7 e podiam ser encontrados na Biblioteca Setorial de Química da UFBA, em maior ou menor quantidade. No levantamento realizado constatamos que os livros mais antigos estavam disponíveis em número muito maior de exemplares (ANEXOS E e F)

Para alcançar os objetivos propostos para esta investigação, definimos previamente cinco critérios que foram utilizados para analisar os livros didáticos:

CRITÉRIO 1 (C1)– A palavra *mol* aparece no índice remissivo ou no índice alfabético;

CRITÉRIO 2 (C2) – A expressão *quantidade de matéria* aparece no índice remissivo ou no índice alfabético;

CRITÉRIO 3 (C3) – A expressão *número de mols* aparece nos livros, no texto ou em enunciados de problemas e/ou exercícios (resolvidos ou não);

CRITÉRIO 4 (C4) – A quantidade de matéria ou de substância é definida explicitamente como uma *grandeza* do Sistema Internacional (SI);

CRITÉRIO 5 (C5) – O número de mols é identificado com a quantidade de matéria ou de substância.

Na análise dos livros buscamos verificar se cada um deles atendia ao critério definido (sim) ou não atendia (não); os resultados desta análise encontram-se na Tabela 17:

**Tabela 17 – Avaliação de livros didáticos em relação à apresentação dos conceitos de quantidade de matéria e mol**

<b>LIVROS</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Brady e Humiston 2a. ed./ 1986 – vol.1	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Brady et al. 3a. ed./ 2002 – vol.1	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Brown et al. 7a. ed./ 1999	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Brown et al. 9a. ed./ 2005	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Bueno et al. 1978	Sim	Não	Sim	Não	Não
Chang 5a. ed./ 1994	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Garriz e Chamizo 2002	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Kotz e Treichel 4a. ed./ 2002 – vol.1	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Quagliano e Vallarino 1973	Sim	Não	Sim	Não	Não
Mahan e Myers 4a. ed. 1993	Sim	Não	Sim	Não	Não
Masterton et al. 6a. ed./ 1990	Sim	Não	Sim	Não	Não
Russel 2a. ed./ 1994	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Rozenberg 1973	Sim	Não	Não	Não	Não
Rozenberg 1a. ed/ 2002	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Slabaugh e Parsons 2a. ed./ 1982	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Sienko e Plane 7a. ed./ 1976	Sim	Não	Sim	Sim	Não

**Observações:**

- Em alguns livros, não conseguimos localizar o número da edição
- Os livros que possuíam três autores ou mais, optamos por colocar nas tabelas o sobrenome do primeiro autor e a expressão *et al.*, em função do pequeno espaço disponível.

Em 93,75% (15) dos livros analisados, a ênfase é no conceito de *mol*. Isto pode ser comprovado pelo fato da expressão quantidade de matéria ter sido identificada em apenas 01 dos livros selecionados nos índices alfabéticos e glossários enquanto a palavra *mol* aparece em todos os índices alfabéticos, em alguns glossários existentes, inclusive como subtítulo de capítulos desses livros. (Tabela 17). Em alguns livros a *quantidade de matéria* é apresentada juntamente com outras grandezas do Sistema Internacional recebendo, em alguns casos, a denominação de *quantidade de substância*.

As expressões '*número de mols*' ou '*quantos mols*' ainda são utilizadas na maior parte dos livros analisados. Em apenas 04 deles, estas expressões não foram identificadas seja nos textos dos capítulos ou nos enunciados de problemas e exercícios propostos ou resolvidos, sendo que três deles (entre os quatro) foram editados mais recentemente entre 2002 e 2005.

Apenas um dos livros faz referência à grandeza *quantidade de matéria* explicitamente como uma grandeza do Sistema Internacional, ao *mol* como sua unidade, ao mesmo tempo que inclui este conceito no índice do livro: "*O SI (Sistema Internacional) inclui uma unidade de quantidade de matéria porque é importante quantificar o número de partículas ou unidades elementares de uma determinada amostra*" (GARRITZ; CHAMIZO, 2002, p.61).

Como oito dos livros analisados não identificava o *número de mols* com a *quantidade de matéria*, direcionamos a nossa análise para levantar as definições de *mol* e *quantidade de matéria* apresentadas nestes livros. Os resultados desta análise encontram-se nas Tabelas 18 e 19. Em um mesmo livro identificamos mais de uma definição, justificando o fato da soma total do número de vezes que a definição aparece

nos livros (segunda coluna da Tabela 18) ter sido superior a 16, que foi o número de livros analisados.

**Tabela 18 - Definições de mol nos livros didáticos**

<b>Definições</b>	<b>Número de vezes que a definição aparece nos livros</b>
Unidade do Sistema Internacional para a quantidade de substância química ou de matéria	05
Quantidade de matéria, de substância ou de material que contém tantas unidades elementares ou partículas Quantos os átomos de carbono contido em 12 gramas de carbono-12 ( $6,02 \times 10^{23}$ unidades elementares ou partículas)	10
Número de Avogadro de diversos itens ( $6,02 \times 10^{23}$ unidades)	05
Dúzia do químico ou dúzia química	02
Coleção de átomos cujo peso total em gramas é numericamente igual ao peso atômico	01
Unidade capaz de expressar o número de partículas presentes em qualquer sistema	01

**Tabela 19 - Definições de quantidade de matéria nos livros didáticos**

<b>Definição</b>	<b>Número de livros</b>
Quantidade ou grandeza física do Sistema Internacional	11
Não define Quantidade de Matéria como grandeza ou Quantidade do Sistema Internacional	05

Nos onze livros que definem a quantidade de matéria como quantidade física ou grandeza física do Sistema Internacional, estas definições aparecem principalmente, nos capítulos iniciais com a apresentação do Sistema Internacional de Unidades (SI), geralmente numa tabela juntamente com todas as grandezas do SI. Não parece existir a preocupação em se retomar a grandeza quantidade de matéria de forma explícita, como uma das sete grandezas que constituem o Sistema Internacional de Unidades nos capítulos subseqüentes, onde a utilização desta grandeza se faz necessária. Neste

caso costuma se fazer uso dos conceitos de número de mols e mol. Nos livros de edições mais antigas este fato é mais evidente.

A tentativa feita por alguns autores de livros em atender as orientações da IUPAC é percebida quando avaliamos as duas edições do livro de Brown, Le May e Bursten (1999, 2005). Na edição de 2005 não existe mais a expressão *número de mols* de forma explícita, em especial nos enunciados dos problemas propostos, tendo havido sua substituição pela expressão *quantidade de matéria*. No entanto, em 80 % dos demais livros analisados aparecem as expressões: *número de mols*, *calcule o número mols ou quantos mols*, seja no texto, quando se explicita a equação para o cálculo desta grandeza ou nos enunciados dos problemas e exemplos dados.

Outra tendência observada em livros de edições mais recentes é a identificação do mol como unidade da quantidade de matéria, não somente no tópico do Sistema Internacional de Unidades, como nos capítulos onde se utiliza este conceito. Isto foi detectado em 31,25% (05) dos livros analisados, o que reflete uma evolução positiva no sentido de adaptação dos autores às novas orientações.

O mapeamento da situação nos livros didáticos dos conceitos de *quantidade de matéria* e *mol* justifica a dispersão identificada no levantamento prévio sobre estes conceitos realizado com os alunos da disciplina História da Química. Como será visto adiante (Tabela 23), vários significados foram atribuídos ao *mol* como: quantidade de matéria ou de substância, número de entidades ou de partículas, unidade de grandeza. Este resultado reflete a apresentação do conceito de mol nos livros didáticos, principalmente nos mais antigos. Na Biblioteca Setorial de Química da UFBA (ANEXO F), a maioria dos livros disponíveis para consulta são antigos, com edições entre 1973 e 1994. Nestes livros, prioriza-se o conceito de *mol* que nem sempre é apresentado de

acordo com as orientações da IUPAC. Existe um amplo reconhecimento de que os livros didáticos são os principais 'materiais instrucionais' utilizados pelos professores, influenciando em grande extensão, na aprendizagem dos conceitos químicos em todos os níveis de ensino.

### **9.6 A aprendizagem dos conceitos de quantidade de matéria e mol**

O conceito de *quantidade de matéria* é fundamental na Química Moderna; no entanto, a literatura tem registrado dificuldades na aprendizagem deste conceito que estão relacionadas, em especial, a equívocos introduzidos no processo pedagógico. Algumas razões são apontadas para estas dificuldades (CAAMAÑO *et al.*, 1983; FURIÓ *et al.* 1993; FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999, 2002; GRUPO ALKALI, 1990; MACKINSON; RENNER, 1971; ROGADO, 2004; ROWELL; DAWSON, 1980; STAVER; LUMPE, 1993):

- 1) pouca habilidade dos alunos em resolver problemas que tenham como pré-requisito a articulação dos níveis macroscópico e microscópico;
- 2) complexidade cognitiva deste conceito teórico para a sua compreensão no nível médio de ensino, quando costuma ser introduzido;
- 3) deficiência nos requisitos matemáticos relativos à proporcionalidade;
- 4) utilização de metodologias de ensino que priorizam o uso operacional e mecânico de algoritmos ou regras na resolução de problemas envolvendo quantidades químicas;
- 5) abordagem pouco adequada utilizada pelos livros didáticos para apresentação deste conceito;

6) indistinção entre quantidade de matéria e massa.

O diagnóstico destas dificuldades tem se apoiado em pesquisas realizadas em diferentes países. Mackinson e Renner (1971) realizaram uma pesquisa com estudantes do nível secundário em colégios americanos e concluíram que 50% dos alunos não usam estruturas de raciocínio adequadas à compreensão do conceito de quantidade de matéria. Este resultado está de acordo com pesquisa realizada em Israel por Novick e Menis (1976), onde a maioria dos alunos não chega a captar a profundidade deste conceito, quando ele é introduzido. Mól e Silva (1998), estudando as concepções da constante de Avogadro manifestas por professores brasileiros do ensino médio concluíram que o conceito de quantidade de matéria e as suas relações apresentam-se confusas: os professores demonstraram não compreender bem este conteúdo. A confusão detectada pode contribuir para as dificuldades dos alunos ao trabalharem com a quantidade de matéria neste nível de ensino.

Recentemente, Furió, Azcona e Guisasola (2002) publicaram um amplo estudo de revisão sobre investigações relacionadas ao ensino e aprendizagem dos conceitos de quantidade de matéria e mol no campo da Química. A revisão foi organizada em quatro temas: dificuldades de aprendizagem, dificuldades de ensino, controvérsias sobre a grandeza quantidade de matéria e estratégias de ensino para estes conceitos.

De nossa parte, hipotetizamos que uma possível razão para as dificuldades detectadas em relação ao conceito de quantidade de matéria está na adoção de uma expressão do senso comum como vocábulo técnico. Ao restringir o *significado químico* de quantidade de matéria à composição (ou constituição) da matéria, expressa em termos de entidades elementares, estabelece-se um conflito com outras grandezas que



costumam ser entendidas como quantidades de matéria, quais sejam, a massa<sup>4</sup> e o volume.

Massa e volume são grandezas diretamente proporcionais à quantidade de matéria, de modo que podemos utilizar uma das duas primeiras (m ou V), para raciocinar sobre a última. A quantidade de matéria definida em termos de entidades elementares não é adequada para o emprego cotidiano porque seu uso requer conhecimentos químicos por parte do usuário. Por outro lado, massa e volume são propriedades facilmente mensuráveis com grande precisão, de modo que continuam a ser os padrões para as operações triviais de manuseio da matéria. Do ponto de vista prático, massa e volume *podem funcionar* como quantidades de matéria.

No entanto, as diferenças conceituais são enormes: a *quantidade de matéria* refere-se aos constituintes do sistema material em foco, o volume refere-se ao espaço ocupado pelo sistema e a massa, medida em balanças como peso, vai se relacionar com a interação gravitacional do sistema com a Terra.

Um outro ponto a ser considerado é que o ensino tradicional tem se caracterizado pela ausência de historicidade e não tem como preocupação a contextualização adequada do trabalho científico, o que contribui para a existência de lacunas conceituais e epistemológicas dos professores das ciências. Esta situação é um indicativo de deficiências na formação inicial de professores, que somadas a uma apresentação rápida das definições com ênfase no seu uso operacional, têm contribuído para uma aprendizagem não significativa dos conceitos. Os estudantes em geral, são treinados para operar mecanicamente regras e fórmulas para a resolução de

---

<sup>4</sup> Também é comum referir-se ao peso como quantidade de matéria, em geral, tomado como sinônimo de massa. Por isso, utilizaremos apenas o termo massa, a não ser quando for necessário discutir o peso como força.

problemas e muitas vezes, não percebem os conceitos químicos envolvidos. A aplicação de fórmulas é priorizada e a memorização muitas vezes acontece sem que ocorra a respectiva compreensão dos significados relacionados aos problemas resolvidos.

Consideramos, portanto, que cabe ao professor buscar conhecimento da construção histórica do conceito de quantidade de matéria, de modo a obter maior compreensão e evitar transposições didáticas equivocadas quanto ao seu significado.

### **9.7 Idéias prévias dos nossos alunos sobre os conceitos de quantidade de matéria e mol**

Para investigar as idéias de nossos alunos sobre os conceitos escolhidos (*quantidade de matéria e mol*) optamos por uma abordagem de pesquisa qualitativa, muito utilizada nas pesquisas da área de Educação. Esta parte específica da pesquisa envolveu todos os quatorze alunos da disciplina História da Química (QUI 040), durante parte do curso no semestre 2005.1 e aconteceu em três momentos: inicialmente elaboramos dois questionários para o levantamento dos conceitos prévios dos nossos alunos relacionados ao conteúdo escolhido (ANEXO H).

As perguntas dos questionários foram formuladas para identificar:

1. os significados atribuídos aos conceitos de quantidade de matéria, mol e número de mols
2. se o termo número de mols era utilizado
3. se os alunos estavam familiarizados com as recomendações da IUPAC para esta grandeza

4. se eles confundiam quantidade de matéria com massa ou volume
5. como eles faziam os cálculos da quantidade de matéria de uma substância
6. qual o significado atribuído à constante de Avogadro
7. se os alunos possuíam algum conhecimento da história destes conceitos e de suas modificações

Como foi visto no capítulo 5, no primeiro momento os alunos deveriam responder aos questionários, possibilitando-nos o levantamento de seus conceitos prévios. Embora existissem quatorze alunos matriculados na disciplina, durante o levantamento prévio apenas doze alunos estiveram presentes na aula. Após o mapeamento dos conceitos foi disponibilizado um texto (ANEXO A) elaborado pelos pesquisadores, contendo algumas informações didáticas sobre o conteúdo abordado e, em especial, apresentando a contextualização histórica destes conceitos e suas modificações posteriores. Os alunos tiveram quinze dias para fazer a leitura e num segundo momento, aconteceu a exposição dos professores sobre conteúdo, seguida de ampla discussão em sala.

Na tabela 20 encontram-se os significados prévios identificados, considerando-se as questões formuladas nos questionários (ANEXO H), para o conceito *de quantidade de matéria*. A atribuição de significados dos diversos conceitos foi realizada através da análise de conteúdo das respostas as questões formuladas, seguida de categorização das respostas discursivas, visando a apreensão dos significados manifestos.

No decorrer da apresentação dos resultados tentaremos responder as questões de 1 a 7, formuladas neste item (7.3.7)

**Tabela 20 - Significado atribuído à grandeza quantidade de matéria**

<b>SIGNIFICADO</b>	<b>Número de alunos</b>
Massa	04
Número de partículas ou igual a constante de Avogadro	03
Volume	00
Número de mols	02
Confusos	02
Não respondeu	01

Considerando o conteúdo das respostas dadas, através da sua análise, identificamos as quatro citações a seguir que expressavam o primeiro tipo de significado, o de massa. (Tabela 21):

**Tabela 21 - Citações dos alunos para o significado de massa**

<b>Citação</b>	<b>Número de alunos</b>
“É quanto de massa se encerra em 1 mol”	01
“É a massa de átomos que compõem a matéria”	01
“É o número de massa”	01
“É a massa dividida pela massa molecular”	01

Para o segundo tipo de significado (número de entidades elementares ou de partículas), identificamos as três citações vistas na Tabela 22:

**Tabela 22 - Citações dos alunos para o significado de número de entidades elementares**

<b>Citação</b>	<b>Número de alunos</b>
“É o número de partículas expresso através da unidade mol “	01
“É representada pela constante de Avogadro”	01
“É igual a constante de Avogadro”	01

Observando-se as tabelas anteriores 20, 21 e 22, percebe-se que o conceito de quantidade de matéria teve dois significados mais citados: *o de massa e o de número de entidades elementares*, este último identificado por dois alunos com o número de

Avogadro. Nenhum aluno atribuiu o significado de volume a este conceito; dois alunos identificaram a quantidade de matéria como sendo equivalente ao número de mols, demonstrando algum conhecimento do novo significado proposto pela IUPAC.

Para averiguar se os alunos conheciam o novo significado da palavra mol, mapeamos os significados atribuídos por eles a este conceito, vistos na Tabela 23:

**Tabela 23 - Significado atribuído ao mol**

SIGNIFICADO	Número de alunos
Quantidade de substância que contém o número de partículas igual a constante de Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$ )	05
Número de partículas correspondente a $6,02 \times 10^{23}$	04
Unidade da quantidade de matéria	02
Não respondeu	01

Mesmo considerando que o *número de mols* não é mais recomendado pela IUPAC, interessava-nos saber o que os alunos compreendiam como sendo o número de mols e se eles sabiam que esta expressão não era mais recomendada.

**Tabela 24 - Significado atribuído ao número de mols**

SIGNIFICADO	Número de alunos
Matemático ou formal ( $n = m/M$ )	05
Uma Quantidade	03
Número de entidades	03
Não respondeu	01

Os resultados obtidos revelaram uma dispersão nos significados prévios de *quantidade de matéria e número de mols*. Para a *grandeza quantidade de matéria*, os significados mais comuns foram *de massa e de número de partículas ou entidades elementares*, considerando-se este número como sendo  $6,02 \times 10^{23}$ . Este resultado

encontra-se de acordo com pesquisas realizadas sobre o assunto em outros países. (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 2002).

Apenas dois alunos fizeram referência à quantidade de matéria como uma grandeza do Sistema Internacional de Unidades. Um deles assim se expressou sobre este assunto: “*o mol é a unidade que expressa a quantidade de matéria em termos de partículas*”, demonstrando algum conhecimento das recomendações da IUPAC sobre estes conceitos. Outra constatação foi a grande familiarização com o número de mols, que parecia ser a expressão mais utilizada, em lugar da quantidade de matéria.

A pouca valorização da historicidade dos conceitos também ficou evidente quando dez dos alunos (83,3%) declararam que nada sabiam sobre a origem histórica destes conceitos. Os demais fizeram pequenos comentários, atribuindo à possível origem do mol a necessidade de mensuração do número de partículas, mas sem maiores aprofundamentos.

Em relação ao número de mols o significado predominante (Tabela 24) foi o matemático, expresso através da fórmula  $n = m/M$ , que ainda tem sido muito utilizada para cálculos estequiométricos das reações químicas. De modo geral, quando os alunos faziam referência a esta fórmula consideravam que o número de mols era a massa dividida pela massa molecular ou peso molecular.

Nas respostas prévias das questões, apenas um aluno se referiu à massa molar. Percebemos que alguns usavam a massa como sinônimo de peso e não explicitavam o reconhecimento da diferença entre massa molecular e massa molar.

Em geral, os alunos têm dificuldade de transitar entre os dois níveis de referência: o macroscópico (referencial empírico) e o microscópico (referencial atomista). No primeiro caso encontram-se os conceitos que caracterizam a matéria

globalmente numa perspectiva contínua, a exemplo de massa, volume, peso etc. Na perspectiva descontínuista e/ou microscópica estão conceitos como átomo, molécula, peso atômico, massa atômica, massa molecular, número de entidades elementares ou de partículas, entre outros.

O conceito de *quantidade de matéria* possibilita as necessárias relações entre os dois níveis: o macroscópico e o microscópico. A massa molar, por exemplo, permite a passagem da quantidade de matéria para massa, constituindo-se numa constante de proporcionalidade que expressa a massa da substância por unidade de quantidade de matéria. Embora para se obter os valores das massas molares seja suficiente associar a unidade g/mol aos respectivos valores das massas atômicas ou moleculares relativas, estas grandezas têm significados distintos, muitas vezes não percebidos como detectamos no levantamento dos conceitos prévios dos nossos alunos.

Os estudantes pareciam não diferenciar nitidamente os conceitos relacionados ao nível macroscópico de representação, como a massa molar, de outros enquadrados no nível microscópico como as massas atômica e molecular.

Considerando a importância que a constante de Avogadro tem na transição entre os dois níveis macroscópico e microscópico, levantamos também, os significados atribuídos a esta constante pelos alunos.(Tabela 25)

**Tabela 25 - Significado atribuído a constante de Avogadro**

SIGNIFICADO ATRIBUÍDO	Número de alunos
Número ou quantidade de partículas (átomos, moléculas, etc.) em 1 mol	08
Quantidade de matéria	01
Unidade de medida	01
Não respondeu	02

A idéia que prevaleceu foi a da constante de Avogadro como número ou a quantidade de partículas em 1 mol. Os alunos demonstravam reconhecer o caráter descontínuo da matéria e o fato de que, no nível empírico, lidamos com quantidades de substâncias que contém um número muitíssimo grande de entidades elementares microscópicas ou partículas. No entanto, não explicitaram que a constante de Avogadro, obtida empiricamente, permite a passagem da quantidade de matéria (grandeza macroscópica) para o número de entidades elementares microscópicas, fazendo uma importante articulação entre os dois níveis macroscópico e microscópico. No levantamento prévio, nenhum aluno fez referência a este significado, o que pode ser um indício do seu desconhecimento.

Afim de um aprofundamento desta questão, solicitamos aos alunos que citassem os principais conceitos que poderiam ser relacionados à quantidade de matéria. Não delimitamos o número de citações, o que explica o fato do número de conceitos citados ter sido superior ao número de alunos presentes. A nossa intenção era verificar se os conceitos mais citados pertenciam ao referencial macro ou ao micro. As respostas encontram-se na Tabela 26:

**Tabela 26 - Conceitos que foram relacionados à quantidade de matéria**

Conceitos	Número de Citações
Átomo, molécula ou íon	07
Massa atômica, peso atômico	05
Número de mol	04
Número ou Constante de Avogadro	01
Molécula grama, equivalente grama	01
Volume	01
Mol	01
Valência, número de oxidação	01
Isotopia	01



Considerando os principais conceitos relacionados ao conceito de quantidade de matéria, notamos que os mais citados foram átomo, molécula ou íon, pertencentes ao referencial microscópico, revelando que os alunos compreendiam a matéria como formada de partículas. Os conceitos de massa atômica e/ou peso atômico também foram muito citados. No entanto, os conceitos de massa e número de entidades elementares não apareceram. Os conceitos de volume e a constante de Avogadro apareceram apenas uma vez. Este resultado revela uma certa dispersão em relação à articulação entre o conceito de quantidade de matéria e os demais conceitos citados. Os três principais conceitos relacionados à quantidade de matéria: massa, volume e número de entidades elementares foram pouco citados ou mesmo ignorados. Este fato pode indicar uma aprendizagem não significativa desses conceitos na disciplina de Química Geral, onde eles costumam ser retomados e aprofundados visto que, são conceitos introduzidos no ensino médio.

Consideramos que a forma como os alunos efetuam o cálculo da quantidade de matéria poderia nos fornecer informações sobre o nível de compreensão em relação a este conceito. Para tanto, solicitamos que eles indicassem como era possível calcular a quantidade de matéria de uma substância qualquer e as respostas podem ser encontradas na Tabela 27.

**Tabela 27 - Cálculo da quantidade de matéria**

<b>Categorias</b>	<b>Número de alunos</b>
Através de uma regra de três	03
Dividindo a massa pelo peso molecular	03
Utilizando o número ou constante de Avogadro	02
Fazendo uma equivalência entre a massa e a massa molar	01
Não responderam	02
Resposta confusa	01

O cálculo da quantidade de matéria necessita do conhecimento ou do valor da massa ou volume da substância em questão, para que de forma indireta, possa ser obtido o número das entidades elementares. Não percebemos um detalhamento sobre este cálculo nas respostas prévias dos nossos alunos, que apontasse a compreensão do caráter relacional desta grandeza. Predominou a indicação do uso da regra de três ou da fórmula  $n = m/M$  onde  $m$  correspondia à massa em gramas e  $M$  foi tomado como a massa molecular ou peso molecular da espécie química. Neste item, apenas 01 aluno fez referência à necessidade da massa molar para o cálculo da quantidade de matéria.

Com a consolidação do atomismo no século XX, a atenção dos químicos passou a incidir na relação entre o número de partículas que participavam de uma reação química e não apenas nos pesos de combinações químicas. O pequenino tamanho das partículas microscópicas que compõem a matéria e a impossibilidade de contá-las diretamente, levou ao surgimento da grandeza quantidade de matéria. Como visto anteriormente, ela possibilita a nível macroscópico determinar o número das entidades elementares a partir das medidas de massa e volume das substâncias reagentes. O cálculo do valor desta grandeza necessita do conhecimento ou da determinação do valor da massa ou volume da substância em questão, para que de forma indireta, possa ser obtido o número das entidades elementares.

### **9.8 O trabalho didático realizado na disciplina História da Química**

Um dos objetivos a ser alcançado nesta pesquisa era avaliar se o conhecimento de um conceito químico nas condições sócio-históricas em que se originou e das trocas sofridas em função de referenciais teóricos envolvidos, poderia ajudar numa

aprendizagem mais significativa. A nossa avaliação desta aprendizagem deveria acontecer buscando identificar *a evolução da discriminação de significados atribuídos aos conceitos, além do enriquecimento e desenvolvimento conceitual relacionado ao conteúdo selecionado.*

Como visto anteriormente, esta parte da nossa investigação foi realizada em três momentos. Inicialmente levantamos os conceitos prévios dos alunos e os significados atribuídos a estes conceitos relacionados ao conteúdo selecionado. Em seguida disponibilizamos para leitura um texto (ANEXO A) elaborado pelos professores envolvidos na pesquisa, cujo conteúdo versava sobre a origem e desenvolvimento dos conceitos de quantidade de matéria e mol. Este texto foi o material didático que teve a função de agir como um organizador prévio da aprendizagem. Os alunos tiveram quinze dias para fazer a leitura do texto e em seguida, retomamos em sala de aula o assunto, com uma ampla discussão e fazendo uma síntese sobre os principais pontos abordados. A intenção era esclarecer todas as dúvidas sobre o conteúdo discutido, enfatizando a importância do conceito de quantidade de matéria na articulação entre os dois níveis de representação: o macroscópico e o microscópico.

Em um terceiro momento, os alunos formaram três grupos de discussão (equipes 1, 2 e 3) e voltaram a responder aos mesmos questionários que já haviam sido respondidos individualmente. As equipes foram as mesmas que trabalharam na primeira parte da pesquisa. Neste momento, os alunos discutiram sobre os conteúdos selecionados, enfocando as questões do levantamento prévio (Anexo H). Todas as discussões nas três equipes foram registradas na íntegra por meio de gravação em áudio, utilizando-se três gravadores. A duração da discussão nas equipes variou de 60 a 70 minutos. No terceiro momento, após a finalização das discussões e do trabalho em

sala disponibilizamos dois problemas (ANEXO I) a serem resolvidos individualmente, visando avaliar a aprendizagem dos conceitos através de suas aplicações na resolução dos problemas.

Alguns pontos sobre a dinâmica da sala de aula merecem ser comentados:

- 1) No levantamento das concepções prévias, apenas doze alunos estiveram presentes na aula. O momento da discussão (aula posterior) contou com a presença de todos os quatorze alunos, que também participaram das gravações e responderam às questões em equipe.
- 2) Percebemos que uma parte dos alunos tinha dificuldade em participar das discussões nas equipes e principalmente, com toda a sala. Isto aconteceu durante todo a pesquisa didática. Este comportamento pode ser justificado em função da tradição do nosso curso de Química. Na maior parte das disciplinas, a participação dos alunos em discussões com os colegas e o professor na sala de aula é muito pequena. Esta situação dificulta o envolvimento dos alunos nos debates ampliados, exceção feita a alguns que, por natureza, são mais comunicativos.

### **9.9 Avaliando os resultados da segunda parte da pesquisa didática realizada na disciplina História da Química**

As definições para os principais conceitos mapeados após as discussões realizadas em sala, em cada equipe, podem ser vistos na Tabela 28:

**Tabela 28 - Conceitos identificadas no terceiro momento**

Conceitos	Equipes 1, 2 e 3
Mol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Unidade usada para expressar a quantidade de matéria' (Equipe 1)</li> <li>• 'É uma unidade' (Equipe 2)</li> <li>• 'Unidade da grandeza quantidade de matéria' (Equipe 3)</li> </ul>
Número de Mols	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Corresponde à quantidade de matéria' (Equipe 1)</li> <li>• 'É o valor da medida da grandeza quantidade de matéria' (Equipe 2)</li> <li>• 'Valor da medida da quantidade de matéria no corpo considerado' (Equipe 3)</li> </ul>
Quantidade de Matéria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Grandeza macroscópica relacionada ao número de entidades microscópicas' (Equipe 01)</li> <li>• 'É uma grandeza macroscópica relacionada ao número de entidades microscópicas elementares contidas em um corpo material' (Equipes 02 e 03)</li> </ul>
Massa Molar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Massa da substância por unidade da quantidade de matéria' (Equipe 01)</li> <li>• 'É a grandeza que representa a massa da substância por unidade da quantidade de matéria' (Equipe 02)</li> <li>• 'É a massa da substância por unidade de quantidade de matéria' (Equipe 03)</li> </ul>
Massa atômica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'É a massa de um átomo de um dado elemento químico' (Equipe 01)</li> <li>• 'Grandeza referente à massa de um átomo de um dado elemento químico' (Equipe 02)</li> <li>• 'É a massa de um átomo normalmente de um dado elemento químico' (Equipe 03)</li> </ul>

Observamos que, os conceitos de *quantidade de matéria e mol* expostos neste momento estavam de acordo com as orientações da IUPAC. Durante as discussões em equipe, merece destaque a distinção feita entre os conceitos de massa molar (referencial macroscópico) e massas atômica e molecular (referencial microscópico), não percebida no momento inicial no levantamento prévio.

Nas respostas dadas às questões pelas equipes, detectamos alguma evolução na discriminação de significados visto que, inicialmente diversos significados foram atribuídos a um mesmo conceito. Posteriormente, a dispersão deu lugar ao significado

mais adequado para os principais conceitos trabalhados. Os significados explicitados por cada equipe eram mais adequados às orientações da IUPAC.

O trabalho realizado na disciplina possibilitou aos alunos conhecerem a diferença entre os conceitos de massa molecular e massa molar, massa e peso, quantidade de matéria e mol, quantidade de matéria e massa, quantidade de matéria e volume, quantidade de matéria e número de entidades elementares, do número de Avogadro e da constante de Avogadro. Consideramos que, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, o enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno pela incorporação de novos significados é fundamental para a sua aprendizagem. Isto não requer o abandono dos demais significados, mas a diferenciação da sua estrutura cognitiva.

Alguns trechos das falas dos alunos gravadas no terceiro momento podem ser vistos a seguir evidenciando a evolução sugerida. O código utilizado para identificar os estudantes foi o mesmo utilizado na primeira parte da pesquisa didática. Considerando este código apresentamos a seguir o trecho da gravação realizada na equipe E3.

*A4: Mol não se refere a grandeza massa, mas a unidade de medida da grandeza quantidade de matéria*

*A11: Com o avanço da química, houve a necessidade de se relacionar os conceitos microscópicos aos de uma escala maior macroscópica; desta necessidade surgiu o mol*

*A5: Para se restringir e padronizar surgiu o mol, como uma unidade de referência para toda a comunidade científica. Antigamente a Alemanha tinha um padrão, a Inglaterra tinha outro, a França outro, era uma confusão...*

*A11: Aí se viu a necessidade de padronizar isto...*

*A5: Contanto que se pudesse trabalhar com um número fixo de entidades e neste caso o mol passou a ser usado como unidade.*

Na fala do aluno A4, ele se refere ao mol com a unidade da grandeza quantidade de matéria, diferenciando o mol da grandeza massa. Outro ponto a ser realçado, desta vez na fala do aluno A11 é o reconhecimento de que algumas grandezas promovem a articulação entre o mundo macroscópico e o mundo microscópico, embora ele tenha se equivocado quando usou o mol (unidade) como exemplo. Este significado não apareceu de forma explícita no primeiro momento, quando realizamos o levantamento dos conhecimentos prévios.

Com referência ao significado da constante de Avogadro e a sua relação com a grandeza quantidade de matéria destacamos o trecho a seguir, gravado na equipe E2.

*A2 – A constante de Avogadro teve o seu valor medido experimentalmente; o valor mais recente obtido é recomendado é  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$*

*A3 – No laboratório pode se determinar a massa e através desta, determinar a quantidade de matéria de uma substância*

*A9 – Usando-se o carbono  $-12$  determinou-se que em 12 g desta substância corresponde a  $6,02 \times 10^{23}$  unidades. Existe uma relação de proporcionalidade entre a quantidade de matéria e este número...*

Nestas falas percebemos que o aluno A3 reconhece que a determinação da quantidade de matéria é indireta, podendo ser feita pela determinação empírica da massa de uma substância. Outro ponto a ser salientado é a explicitação feita pelo aluno A2 de que a constante de Avogadro é obtida empiricamente. O caráter relacional inerente à grandeza quantidade de matéria foi lembrado pelo aluno A9 quando ele

reconheceu que existia uma proporcionalidade entre a quantidade de matéria e o número  $6,02 \times 10^{23}$  unidades.

O trabalho realizado em sala possibilitou o reconhecimento da equivalência entre o número de mol e a quantidade de matéria. Duas importantes diferenciações conceituais foram percebidas nas respostas dos alunos gravadas nas equipes:

- 1) Entre a quantidade de matéria e o mol
- 2) Entre os conceitos de massa molecular e massa molar

Ainda no terceiro momento da investigação, apresentamos duas questões (ANEXO I), envolvendo cálculos para serem resolvidas individualmente com o intuito de verificar a compreensão dos conceitos subjacentes aos cálculos, que davam subsídio à resolução correta dos problemas. De acordo com Moreira (2000), a resolução de problemas ou questões é uma das maneiras que pode ser utilizada para verificação da aprendizagem significativa (Capítulo 2). Solicitamos verbalmente, que as respostas fossem o mais explícitas possível.

As respostas à primeira questão foram avaliadas de acordo com os quatro critérios a seguir, definidos previamente, cujos resultados encontram-se na Tabela 29.

#### **CRITÉRIOS DEFINIDOS PARA AVALIAR A PRIMEIRA QUESTÃO:**

CRITÉRIO 01 - Diferenciação entre os conceitos de massa molar e massa atômica

CRITÉRIO 02 - Uso correto das unidades das grandezas envolvidas

CRITÉRIO 03 – Esquematização do problema e realização dos cálculos

CRITÉRIO 04 – Explicitação dos dois referenciais envolvidos: o macroscópico e o microscópico.



Tabela 29 - Resultados das respostas a questão 01

**Questão 01: A partir da massa molar do carbono (12,011 g/mol), calcular a sua massa atômica em gramas**

CRITÉRIOS	Número de alunos	
	Sim	Não
C1 – O aluno explicitou a diferença entre o conceito de massa molar e massa atômica	10	04
C2 – O aluno usou as unidades apropriadas para cada conceito	09	05
C3 – O aluno fez os cálculos corretamente	09	05
C4 – O aluno discriminou de forma explícita os conceitos pertencentes aos dois referenciais macroscópico e microscópico	07	06

As respostas à segunda questão foram avaliadas de acordo com os quatro critérios definidos previamente, vistos a seguir, e os resultados encontram-se na Tabela 30.

**CRITÉRIOS DEFINIDOS PARA AVALIAR A SEGUNDA QUESTÃO:**

CRITÉRIO 05 - O reconhecimento de que através da massa dada era possível determinar a quantidade de matéria em função da proporcionalidade existente entre as duas grandezas

CRITÉRIO 06 – Explicitação da fórmula matemática ou da relação de proporcionalidade necessária ao cálculo

CRITÉRIO 07 – Realização dos cálculos

CRITÉRIO 08 - Explicitação das grandezas com as unidades apropriadas

Tabela 30 - Resultados das respostas a questão 02

**Questão 02: Qual a quantidade de matéria correspondente a 88 gramas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

CRITÉRIOS	Número de alunos	
	Sim	Não
C5 - O aluno usou a massa dada para calcular a quantidade de matéria	13	01
C6 - O aluno escreveu a fórmula matemática ou a relação de proporcionalidade necessária ao cálculo da quantidade de matéria	13	01
C7 - O aluno esquematizou o cálculo chegando ao resultado correto	13	01
C8 - O aluno explicitou corretamente as unidades das grandezas envolvidas nos cálculos	10	04

Os resultados obtidos das respostas à questão 01 revelaram que 09 alunos (65%) responderam razoavelmente a questão, embora alguns tenham sido muito sucintos nas respostas. Havíamos solicitado que as respostas fossem o mais detalhadas possível. Os maiores problemas foram na explicitação dos conceitos pertencentes aos dois referenciais distintos: macro e micro. Alguns alunos equivocaram-se na distinção entre massa molar e massa atômica, tendo o resultado nos surpreendido, pois estes alunos durante as discussões nas equipes haviam definido corretamente os dois conceitos. Uma possível explicação é que a diferenciação entre os dois conceitos, situados em dois referenciais distintos (massa atômica no microscópico e massa molar no macroscópico), não havia sido compreendida significativamente por estes alunos.

Na segunda questão os resultados foram melhores, pois treze alunos (93%) encontraram os valores corretos da quantidade de matéria e usaram a massa para determinar esta grandeza. No entanto, na representação das etapas necessárias aos cálculos identificamos que um aluno ao explicitar o valor da massa atômica usou a

unidade g/mol, que é a unidade da massa molar. Três outros alunos apresentaram o resultado final correto, com a unidade adequada, porém não explicitaram as unidades das grandezas envolvidas nas etapas intermediárias necessárias ao cálculo. Estes resultados revelam uma certa displicência dos alunos no uso das unidades de grandezas envolvidas em cálculos, sendo esta uma situação comum também em outras disciplinas do curso de Química. Os cálculos são feitos corretamente, os resultados são encontrados, mas as unidades das grandezas envolvidas muitas vezes não são explicitadas. A explicitação das unidades durante a resolução do problema, não parece ser relevante; o mais importante é fazer os cálculos adequadamente para encontrar o valor matemático correto que soluciona o problema.

#### **9.10 Reflexões finais sobre a segunda parte da investigação didática**

O resultado da nossa investigação confirmou que o ensino e a aprendizagem do conceito de quantidade de matéria e mol realmente tem-se constituído num problema didático. Os significados atribuídos a estes conceitos pelos alunos, em geral, não têm estado de acordo com as recomendações da IUPAC. Diversos significados foram identificados para a grandeza quantidade de matéria, principalmente, os significados de massa e de número de entidades elementares. Embora a quantidade de matéria seja uma grandeza relacionada tanto com a massa quanto com o número de entidades elementares, não deve ser confundida com estes conceitos.

Grande parte dos alunos ainda não utiliza o significado correto da grandeza quantidade de matéria e a redefinição do mol proposta pela IUPAC. A nossa pesquisa identificou algumas causas para as dificuldades detectadas:

- 1) a abordagem feita pelos livros didáticos, ainda não totalmente adaptados às novas recomendações da IUPAC, especialmente os livros de edições mais antigas que ainda usam o número de mols;
- 2) a pequena disponibilidade de livros de Química Geral atualizados, para consulta na Biblioteca Setorial de Química da UFBA;
- 3) o desconhecimento pela maior parte dos alunos, da história desses conceitos e das mudanças acontecidas que levaram aos novos significados propostos, em especial, a redefinição da palavra 'mol';
- 4) a inadequação do nome proposto para a grandeza quantidade de matéria em substituição ao número de mols, o que decorre dos significados que lhe estão associados no senso comum;
- 5) a complexidade inerente ao próprio conceito quantidade de matéria, gestado como uma grandeza macroscópica, mas diretamente relacionada com o nível microscópico de representação das substâncias.

No caso específico do conceito de quantidade de matéria e mol, constatamos que o conhecimento da evolução histórica destes conceitos e das reelaborações conceituais promovidas pela IUPAC no século XX, torna-se essencial para que o aluno compreenda e assimile os novos significados.

O resultado desta investigação didática demonstrou que os nossos alunos construíram novas ou reelaboraram algumas relações conceituais prévias, em consonância com o conteúdo ensinado. A metodologia de ensino buscou relacionar o conhecimento novo, fundamentado no referencial histórico, ao anteriormente possuído pelos alunos. Priorizamos o intercâmbio e a negociação de significados dos conceitos

entre os alunos, os professores e o material didático com a intenção de alcançar a congruência destes significados.

Constatamos que a reconstrução das relações conceituais não é um processo tão simples, demandando um tempo que varia de indivíduo para indivíduo, porque o grau de importância conferido a esta tarefa não é necessariamente o mesmo para todos os envolvidos, assim como os conhecimentos prévios de cada aluno.

Outro problema identificado foi a necessidade dos alunos aprenderem a resolver problemas explicando o raciocínio empregado e explicitando adequadamente as unidades atribuídas às grandezas envolvidas. Esta estratégia de ensino requer um tempo para que os resultados obtidos sejam satisfatórios. A nossa tradição escolar não estimula a expressão dos processos de pensamentos e os raciocínios empregados nos cálculos; a ênfase é na simplificação e automatização dos cálculos. Em geral, não ficamos sabendo se o aluno realmente compreendeu os resultados encontrados.

Consideramos que a contribuição que a história das ciências pode oferecer ao ensino de Química é significativa. O nosso estudo confirma a importância de iniciativas que concretizem esta articulação e reconhece a importância da realização de novas pesquisas com este enfoque para que esta linha de investigação se consolide no Brasil.

O trecho a seguir apresentado foi escrito por um dos nossos alunos (A10), ao final do curso, quando solicitamos que fizesse uma avaliação, por escrito, destacando os pontos positivos e negativos da metodologia utilizada naquele semestre (2005.1).

Através da disciplina História da Química ficou nítida a carência que o ensino, em específico o ensino de Química, tem em relação à compreensão dos significados relacionados à resolução de problemas que envolvem conceitos químicos por parte dos estudantes, ficando estes presos a fórmulas e regras, sem um olhar crítico e químico. Na minha opinião os dois fatores que mais contribuem para isto é a abordagem pouco

adequada utilizada pelos livros didáticos para apresentação dos conceitos e a utilização de metodologias de ensino que priorizam o uso operacional e mecânico de algoritmos ou regras na resolução de problemas envolvendo quantidades químicas. Essa carência pode ser percebida tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio e superior. Como exemplo, temos o conceito fundamental, a quantidade de matéria, que tem como unidade o mol. Esse conceito foi melhor compreendido por mim, a partir do momento que tive contato com a sua construção histórica e pude eliminar transposições didáticas equivocadas sobre o seu significado. Tenho certeza que depois de ter cursado esta disciplina minha visão da Química se alargou e sinto necessidade de que História da Química seja uma disciplina indispensável em qualquer currículo do profissional de Química. (A10)

**CAPÍTULO 10**  
**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta tese, relatamos um estudo que teve como objetivo investigar as potencialidades de uma aproximação entre a História e Filosofia da Ciência da educação científica, realizada nos marcos de uma disciplina de História da Química. Visávamos auxiliar os alunos na compreensão da natureza da ciência e no aprendizado de conceitos químicos.

Esta pesquisa envolveu algumas questões mais gerais que foram desdobradas em outras mais específicas durante o processo, de modo geral, o principal objetivo era avaliar a contribuição do referencial histórico-epistemológico na compreensão da natureza da ciência, na análise de livros didáticos, bem como na aprendizagem de conceitos químicos.

Para investigar as questões propostas reestruturamos a disciplina História da Química (QUI 040), obrigatória para o Curso de Licenciatura em Química da UFBA, afim de incorporar diversas dimensões epistemológicas como parte do seu conteúdo. Esta incorporação envolveu a articulação dos conteúdos da História, originalmente trabalhados, com novos conteúdos de natureza epistemológica, abordados de forma explícita em diversos contextos históricos. Nossa intervenção como professora-investigadora possibilitou esta pesquisa qualitativa, que teve um caráter exploratório.

Várias questões epistemológicas relacionadas à natureza da ciência fizeram parte do conteúdo da disciplina e foram escolhidas como dimensões de análise da investigação didática: a origem do conhecimento científico, a concepção de Ciência, os critérios de demarcação, as metodologias científicas, a experimentação na produção do



conhecimento científico, a relação entre hipóteses, leis e teorias, o contexto da descoberta científica, a natureza dos modelos científicos e seu uso na ciência.

Neste estudo verificamos que muitas concepções simplistas e ingênuas sobre a natureza da ciência estavam presentes entre os alunos, algumas delas identificadas também, ao final da formação inicial. Em relação às dimensões epistemológicas investigadas, a comparação entre as concepções dos alunos ingressos e dos egressos confirmou, em certa medida, que o curso de graduação em Química não tem conseguido fomentar entre os alunos concepções sobre a natureza da ciência coerentes com as Filosofias da Ciência pós-positivistas. Identificamos a predominância de uma visão empirista ingênua e a crença na existência de um método científico.

Na primeira parte da investigação didática realizada na disciplina História da Química obtivemos algum sucesso relacionado às concepções adquiridas pelos alunos e um certo avanço em relação ao estágio inicial como: o reconhecimento da historicidade do conhecimento científico e de uma maior flexibilização nos critérios de demarcação da ciência; a percepção de que a credibilidade da ciência não decorre da utilização de um método científico rígido e estruturado, mas o reconhecimento da pluralidade de métodos e caminhos para a produção do conhecimento científico; uma maior compreensão da dinâmica da atividade científica e do seu caráter coletivo; a diferenciação entre os conceitos de lei, teoria e experimentação, além do reconhecimento da provisoriedade do conhecimento científico.

Concepções mais racionalistas foram identificadas como o reconhecimento da importância das hipóteses como norteadoras das investigações, testadas por falseamento ou confirmação, ou ainda o reconhecimento da importância dos erros, tanto quanto dos acertos, na construção da ciência. Os alunos passaram a reconhecer

a influência de fatores não puramente racionais no contexto da descoberta científica, a exemplo da intuição e da criatividade.

Notamos que, ao final do curso, alguns alunos não explicitaram o reconhecimento do 'átomo' como uma 'construção teórica' inventada para explicar os fenômenos físicos, associando-o a uma parte da realidade. Na nossa opinião, a posição vitoriosa do atomismo no embate entre atomistas e antiatomistas acontecido no século XIX, pode ter exercido alguma influência nesta questão.

O trabalho realizado na disciplina talvez não tenha possibilitado a compreensão do átomo numa perspectiva do realismo crítico. Consideramos que esta é uma questão complexa que evidencia a grande penetração do realismo ingênuo no ensino da Química, especialmente em relação às representações químicas. Reconhecemos a necessidade de um trabalho direcionado para que concepções mais elaboradas, na direção de um realismo não representativo sejam possíveis. A permanência concepções ingênuas pode dificultar o reconhecimento da modelagem como suporte para a criação e produção de novos conhecimentos. A percepção de que as construções teóricas da ciência se impõem não pelo seu caráter referencial, mas pela sua capacidade explicativa, deve ser uma das principais metas do ensino de ciências.

Este estudo confirmou a expectativa inicial de que a disciplina História da Química era um espaço privilegiado no currículo para discussões sobre a natureza da ciência com os alunos, durante a formação inicial. Consideramos que outros espaços curriculares precisam ser identificados para que as lacunas relativas à dimensão epistemológica sejam preenchidas.

Na segunda parte da pesquisa didática trabalhamos com a contextualização histórica dos conceitos de quantidade de matéria e mol para auxiliar na compreensão

destes conceitos. Fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa, fizemos uso de um texto sobre a construção histórica destes conceitos, que serviu como facilitador da aprendizagem.

Os resultados obtidos nesta parte da investigação nos levaram a concluir que, para estes conceitos, cuja aprendizagem tem sido reconhecidamente problemática, é de grande relevância os estudantes possam conhecer a sua história e ressignificações propostas. Outra conclusão que podemos apontar é a necessidade dos livros didáticos de Química se adequarem aos novos significados destes conceitos, bem como, das Bibliotecas investirem em livros mais atualizados, em quantidade suficiente para atender à demanda dos alunos.

Ainda em relação à aprendizagem de conceitos, constatamos a importância da incorporação do levantamento do conhecimento prévio de conceitos estudados, assim como a utilização de procedimentos para avaliação de aprendizagem que possibilitem mecanismos para o aluno explicitar e explicar o raciocínio condutor na resolução de problema propostos.

Outra conclusão importante é a necessidade de elaboração de materiais educativos com conteúdos que articulem a história, a filosofia e o ensino de ciências, afim de possibilitar conhecimentos diferenciados daqueles tradicionalmente contidos nos livros didáticos. Estes manuais não costumam se fundamentar nos registros históricos, adequadamente, quando abordam os conteúdos, predominando uma abordagem geralmente desprovida de historicidade. Esta situação foi detectada na nossa análise de livros didáticos de Química Geral sobre a apresentação da teoria atômica de Dalton, que se apoiou na pesquisa histórica realizada sobre o atomismo no

século XIX. Consideramos que a linguagem utilizada nestes manuais também tem contribuído para reforçar concepções ingênuas sobre a natureza da ciência dos alunos.

Constatamos que o estudo histórico-epistemológico de um conceito científico ajuda na sua compreensão porque possibilita ao aluno adquirir uma melhor idéia do trabalho de construção da ciência. A contextualização histórica dos conceitos científicos amplia a percepção do seu domínio de validade e as filosofias subtendidas em cada conceito reveladas na maturação filosófica do pensamento científico.

Para exemplificar esta contextualização utilizamos o conceito de mol, que surgiu no século XIX ancorado no equivalentismo que se apoiava na filosofia empirista e positivista. O mol era identificado com o peso normal ou molecular expresso em grama (significado de massa), que podia ser determinado através de balanças. No século XX, num contexto atomista solidificado, percebeu-se a necessidade da definição de uma nova grandeza, a quantidade de matéria, um conceito mais 'evoluído' ancorado no racionalismo. O mol passou a ser a unidade da nova grandeza, a quantidade de matéria, no entanto, foi gestado antes da grandeza e com um outro significado.

Gostaríamos de registrar que esta pesquisa não teve a pretensão de chegar a respostas definitivas; tivemos a intenção de contribuir para que essa linha de investigação seja valorizada e que muitos outros trabalhos empíricos com este enfoque aconteçam. Estas iniciativas possibilitarão a diminuição de lacunas detectadas na formação inicial e a consolidação do ensino sobre as ciências.

Dois trechos de entrevistas realizadas com alunos de História da Química ao final do semestre foram selecionados para a finalização desta tese, pois apresentam evidências de mudanças nas concepções sobre a natureza da ciência em relação à imagem do cientista e da comunidade científica.

Antes de eu cursar esta disciplina eu via os cientistas como pessoas fantásticas, maravilhosas, que tinham a mente brilhante e desenvolviam teorias totalizantes e de uma simplicidade que fascinava [...] Quando eu cursei a disciplina esta imagem se modificou, porque hoje eu vejo eles como homens, sujeitos que viveram em contextos que tinham elementos para eles desenvolverem determinada teoria e, muitas vezes, eles nem fizeram aquilo, mas tiveram um papel de síntese e agregação de valores em torno de um determinado objeto ou de um feito[...]. Então eu vejo os cientistas como pessoas que tiveram um contexto favorável a desenvolverem tais teorias ou feitos. Não é uma coisa glamourosa, aquele exagero todo, etc.(AP4)

Eu imaginava que a comunidade científica era uma coisa homogênea, todo mundo pensava igual. Quando olhamos a ciência como um todo vemos aquela coisa homogênea, glamourosa; passa a idéia que há um consenso geral, sem conflitos. Quando eu entrei em contato com a disciplina, percebi a presença de debates, conflitos, uma coisa difícil e que muitas vezes acaba até atrapalhando o caminhar da ciência, o fazer científico. Eu vejo hoje que a coisa não é assim. A minha imagem se modificou só de perceber que Dalton, Gay-Lussac e Avogadro eram pessoas que estavam no mesmo contexto, olhando para o mesmo objeto de estudo e que eles divergiam muito, deu para perceber e me apaixonar pela ciência, porque a mola propulsora dela é isto. Hoje eu vejo que a ciência não é um tecido homogêneo e sim um tecido cheio detalhes, que a todo momento está tendo conflito e debates.(AP4)

Ao final do semestre treze alunos (92,7%) entregaram a avaliação da disciplina que foi solicitada e se manifestaram positivamente em relação ao trabalho realizado, destacando dois pontos: a possibilidade que tiveram de conhecer uma controvérsia científica, percebendo a complexidade existente na produção do conhecimento científico, já que eles imaginavam ser um processo mais simples e o reconhecimento de que a história de um conceito científico pode ajudar na sua compreensão.

Consideramos que a exposição de controvérsias científicas durante o curso contribuiu para a desmistificação da ciência. Ao expor debates e disputas presentes na comunidade científica introduzimos uma perspectiva humanizadora para o trabalho científico, incluindo as suas dificuldades e equívocos. O reconhecimento da produção do conhecimento a partir de um empreendimento coletivo foi possibilitado, assim como a articulação entre os conteúdos e o contexto histórico subjacente aos fatos. A

compreensão da ciência como um processo sócio-histórico vai se contrapor à visão tradicional de ciência neutra, absoluta, empirista e acumulativa.

## REFERÊNCIAS

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). *Science for All Americans – Project 2061*. New York: Oxford University Press, 1990. F. James Rutherford e Andrew Ahlgren. Tradução portuguesa em Ciência para Todos. 1.ed. Tradução Catarina C. Martins. Lisboa: Editora Gradiva, 1995.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press, 1993.
- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of literature. *International Journal of Science Education*, v.22, n.7, p.665-701, 2000.
- ABIMBOLA, I. O. Philosophy and the science curriculum. *School Science and Mathematics*, v.83, n.3, p.181-193, 1983.
- ABRANTES, P. C. C. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. 1.ed. Campinas: Papirus, 1998
- ABRANTES, P. C. C. *Introdução a Filosofia da Ciência*. Brasília: Universidade Aberta do Distrito Federal. Brochura com circulação limitada, 1997.
- ABRANTES, P. C. C. Mesa Redonda: Influência da História da Ciência no ensino de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 5, (Número Especial), p.76-92, 1988.
- ABRANTES, P. C. C. Problemas metodológicos em historiografia de ciência. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e ensino de ciências*. 1.ed. Salvador: Arcádia, 2002, p.51-92.
- ACEVEDO, J. A. *et al.* Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v.11, n.1, p.1-15, 2005.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. El concepto de modelo en la enseñanza de la Física – consideraciones epistemológicas, didáticas y retóricas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n.1, p.79-92, 2002.
- AIKENHEAD, G. The measurement of high school students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, v.57, p.539-549, 1973.
- AKINDEHIN, F. Effect of an instructional package on service science teachers' understanding of the nature of science and acquisition of science-related attitudes. *Science Education*, v.72, p. 73-82, 1988.

ANDERY, M. A. *et al.* *Para compreender a ciência; uma perspectiva histórica*. 1.ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Espaço e Tempo/Educ, 1988.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. P. *A didática das Ciências*. 4.ed. Campinas: Papirus, 1995.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. 2.ed. Lisboa: Plátano Editora Edições Técnicas Ltda., 2003.

BACHELARD, G. *A epistemologia*. Tradução Fátima L. Godinho e Mário C. Oliveira. (Org.) LECOURT, D. Lisboa: Edições 70, 1971.

BACHELARD, G. *A filosofia do não: a filosofia do novo espírito científico*. 5.ed. Tradução Joaquim José Moura Ramos, Lisboa: Editorial Presença, 1991.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução Estela dos Santos Abreu, Rio de Janeiro: Contraponto Editora Ltda., 1996.

BACHELARD, G. *A água e os sonhos*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

BACHELARD, G. *O racionalismo aplicado*. 5.ed. Tradução Nathanael Caixeiro, Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

BACHELARD, G. *O materialismo racional*. Tradução João Gama. Lisboa: Edições 70, 1990.

BACON, F. *Novum Organum ou Verdadeiras Indicações Acerca da Interpretação da Natureza*. Tradução José Aluysio Reis da Andrade. Coleção Os Pensadores, São Paulo: Abril Cultural, 1984.

BARBOSA, E. *Gaston Bachelard: o arauto da pós-modernidade*. 2.ed. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 1996.

BARBEROUSSE, A. Changements d'échelles. In: *Les Cahiers de Science & Vie: révolutions scientifiques*, n.42, p.76-95, 1997.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BECKER, F. *A epistemologia do professor: o cotidiano da escola*. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1993.

BEJARANO, N. R. R.; CARVALHO, A. M. P. C. Tornando-se professor de ciências: crenças e conflitos. *Ciência & Educação*, v.9, n.1, p.1-15, 2003.

BELLO, R. M.; SÁNCHEZ, B.; RAMÓN, J. La historia de la ciencia en los libros de texto: la(s) hipótese(s) de Avogadro. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.1, p.147-159, 2003.



BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Editora Piaget, 1992, p.164, 176-177.

BENSAUDE-VINCENT, B.; KOUNELIS, C. *Les atomes: une anthologie historique*. Paris: Presses Pocket, 1991.

BENSAUDE-VINCENT, B. Trois jours pour statuer sur les atomes. In: *Les Cahiers de Science & Vie: révolutions scientifiques*, n.42, p. 38-47, 1997.

BILLEH. V. Y.; HASAN, O. E. Factors influencing teachers' gain in understanding the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v.12, p.209-219, 1975.

BIZZO, N. M. V. História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em aberto*, ano 11, n.5, p.29-35, 1992.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Traduzido por Maria J. Alvarez, Sara B. dos Santos, Telmo M. Baptista. Coleção Ciências da Educação. Porto: Porto Editora, 1994.

BORNHEIM, G. A. (Org.) *Os filósofos pré-socráticos*. 9.ed. São Paulo: Cultrix, 1993.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC). *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Química*. Parecer CNE/CES n.1303/2001, 6 de novembro de 2001.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Resolução CNE/CP1, 18 de fevereiro de 2002.

BROADHURST, N. A. A study of selected learning outcomes of graduating high school students in South Australian schools. *Science Education*, v.54, p.17-21, 1970.

BROCK, W. H. *Historia de la química*. Tradução Elena G. Hernández, Álvaro del Valle, Pilar Burgos, Inmaculada medina. Madrid: Alianza editorial, 1992, cap.4.

BROCK, W. H.; KNIGHT, D. M. The atomic debates: "memorable and interesting evenings in the life of the chemical society". *Isis*, v.56. n.183, p.5-25, 1965.

BRUSH, S. G. Should the History Science be rated X? *Science*, v.183, p.1164 -1172, 1974.

BUCHDAHL, G. Sources of scepticism in atomic theory. *British Journal Philosophy of Science*, n.10, p.120-134, 1960.

BUENO, O. *O empirismo construtivo: uma reformulação e defesa*. Campinas: Editora da Unicamp, 1999.

BULCÃO, M. *O racionalismo da ciência contemporânea: uma análise da epistemologia da Gaston Bachelard*. 2.ed. Londrina: Editora da UEL, 1999.

BUNGE, M. *Epistemologia: curso de atualização*. 2.ed. Tradução Cláudio Navarra, São Paulo: T. A. Queiroz Editor, 1980.

BURNHAM, T. F. Complexidade, multirreferencialidade, subjetividade: três referências polêmicas para a compreensão do currículo escolar. In: BARBOSA, J. G. (Org.) *Reflexões em torno da abordagem multireferencial*. São Carlos: Editora da UFSCar, 1998. p.36-55.

CAAMÃNO, A. *et al.* Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la Química en el Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, v.1, p.198-200, 1983.

CABRAL, R. Herbert Butterfield (1900-79) an christian historian of science. *Studies History Philosophy Science*, v.27, n.4, p.547-564, 1996.

CAMPOS, C., CACHAPUZ, A. Imagens de Ciências em manuais de química portugueses. *Química Nova na Escola*, n.6, p. 23-29, 1997.

CAREY, R.L.; STAUSS, N.G. An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education*, v.52, p. 358-363, 1968.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. *Investigações em ensino de ciências*, v.1, n.1, abril, 1996. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: 2 out. 2003.

CASTILHO, C. M. C. de. Quando e como o homem começou a “ver” os átomos! *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.25, n.4, p.364-373, 2003.

CAWTHRON, E. R.; ROWELL, J. A. Epistemology and Science Education. *Studies in Science Education*, v.5, p.31-59, 1978.

CHAGAS, A. P. Os noventa anos de Les Atomes. *Química Nova na Escola*, n. 17, p.36-38, 2003.

CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal ?* 1.ed. Tradução Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1995.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 1.ed. Injuí: Editora Unijuí, 2000.

CHASSOT, A. *Catalisando transformações na educação*. 1.ed. Ijuí: Editora Unijuí, 1993.

CHASSOT, A. *Educação ConSciência*. 1.ed. Santa Cruz do Sul: EDUNICS, 2003.

CHAUÍ, M. *Convite a filosofia*. 10.ed. São Paulo: Ática, 1997.

CHEVALARD, Y. *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique, 1997.

CLEMINSON, A. Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, v.27, n.5, p.429-445, 1990.

COMTE, A. *Discurso sobre o espírito positivo*. 1.ed. Tradução Maria Ermantina G. G. Pereira. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

CONANT, J. B.; NASH, L. K. *Havard Case Histories in Experimental Science*. Cambridge: Havard University Press, v.1, Case 4, p. 217-319, 1957

CONANT, J. B. *Como compreender a ciência: acesso histórico*. Tradução Aldo Della Nina. São Paulo: Editora Cultrix, 1951.

CRONIN-JONES, L. L. Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, v.28, n.3, p.235-250, 1991.

CUDMANI, L. C. Ideas Epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.2, p.327-331, 1997.

DEL RE, G. Ontological status of molecular structure. *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v.4, n.2, p.81-103, 1998. Disponível em: <<http://www.hyle.org./journal/issues/4/delre.htm>>. Acesso em: 2 jun. 2003.

DEWEY, J. Science as subject-matter and as method. *Science & Education*, v.4, p.391-398, 1995.

DIERKS, W. Teaching the mole. *European Journal of Science Education*, v.3, n.2, p.145-158, 1981.

DILLON, D. R. *et al.* Literacy learning in secondary school science classrooms: a cross-case analysis of three qualitative studies. *Journal of Research in Science Teaching*, v.31, n.4, p.345-362, 1994.

DUMRAUF, A. G. Esas otras cosas que se enseñan que no son Física: imágenes de ciencia y práctica docentes en una experiencia universitaria de enseñanza de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.6. n.1, p. 2001

DUSCHL, R. A. Abandoning the scientific legacy of science education. *Science Education*, v.72, p.51-62, 1988.

DUSCHL, R. A.; GUITOMER, D. H. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v.28, p.839-858, 1991.

DUTRA, L. H. A. *Introdução à Teoria da Ciência*. 1.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.

EICHINGER, D. C.; ABELL, S. K.; DAGHER, Z. R. Developing a graduate level Science Education Course on the Nature of Science. *Science & Education*, v.6, p.417-429, 1997.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.9, n.3, paginação eletrônica, 2004. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: 12 ago. 2005.

EPSTEIN, I. *Divulgação científica: 96 verbetes*. 1.ed. Campinas: Pontes Editores, 2002.

ERDURAN, S. Philosophy of chemistry: an emerging field with implications form chemistry education. *Science & Education*, v.10, p.581-593, 2001.

FERREIRA, R. Notas sobre as origens da teoria atômica da Dalton. *Química Nova*, v.10, n.3, p. 204-207, 1987.

FEYERABEND, P. *Contra o método; esboço de uma teoria anarquista do conhecimento*. 3.ed. Tradução Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

FILGUEIRAS, C. A. L. 200 anos de Teoria Atômica de Dalton. *Química Nova na Escola*, n.20, p.38-44, 2004.

FREIRE JUNIOR, O. A relevância da filosofia e da história da ciência para o ensino de ciência. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002, p.13-30.

FREITAG, B.; MOTTA, V.; COSTA, W. *O Estado da Arte do Livro Didático no Brasil*. Brasília: INEP, 1987.

FREITAS, R. S. Por que estudar controvérsias científicas? *Episteme*, Porto Alegre, v.3, n.6, p.208-221, 1998.

FURIÓ, C. *et al.* Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud "olvidada" en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, v.11, n.2, p.107-114, 1993.

FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p.359-376, 1999.

FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.20, n.2, p.229-242, 2002.

FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, v.82, n.4, p.511-526, 1988.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, v.6, n.3, p. 291-296, 1988.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, v.19, n.2, p.231-242, 2001.

GIERE, R. Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. Extra, p.9 -13, 1999.

GIERE, R. How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, v.71, p.742-752, 2004.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 1.ed., São Paulo: Atlas, 1987.

GILBERT, J. K. Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v.28, p.73-79, 1991.

GIL-PÉREZ, D. New trends in science education *International Journal of Science Education*, v.18, p.889-901, 1996.

GIL-PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Revista Ciência e Educação*, v.7, n.2, p. 125-153, 2001.

GILLISPIE, C. C. *Dictionary of Scientific Biography*. OSTWALD, Friedrich Wilhelm, v.15, sup.1, New York: Charles Scribner's Sons, 1980.

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

GOLDFARB, A. M. A. *Da Alquimia à Química*. 1.ed. São Paulo: Nova Stella/EDUSP, 1987.

GOODMAN, D. C. Wollaston and the Atomic Theory of Dalton. *Historical Studies in the Physical Sciences*, v.1., p.37-59, 1969.

GRANGER, G. G. *A ciência e as ciências*. Tradução Roberto L. Ferreira. São Paulo: Editora da UNESP, 1994.

GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. A “crítica forte” da ciência e implicações para a educação em ciências. *Ciência & Educação*, v.10, n.3, p.343-361, 2004.

GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da Física e da Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.10, n.1, paginação eletrônica, 2005. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: 08 ago. 2005.

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

GRUPO ALKALI Ideas de los alumnos acerca del mol. Estudio curricular. *Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.2, p.111-118, 1990.

GUERLAC, H. Some Daltonian doubts. *Isis*, v.52, p. 544-554, 1961.

GUERRA, M. L. P. Concepções de Ciência e de conhecimento científico e suas relações com a metodologia e prática de ensino. In: *VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO QUÍMICA*. Anais. Campo Grande, 1996, painel 49.

HANSON, N. R. Observação e Interpretação. In: MORGENBESSER, S. (Org.). *Filosofia da Ciência*, São Paulo: Cultrix, 1975.

HARMAN, P. M. *Energy, Force, and Matter – The conceptual development of nineteenth-century physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982, p. 152-153.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.4, n.3, 1999.

HAWTHORNE JUNIOR, R. M. The mole and Avogadro's number. *Journal Chemical Education*, v.50, n.4, p.282-284, 1973.

HAWTHORNE JUNIOR, R. M. Avogadro's number. Early values by Loschmidt and others. *Journal Chemical Education*, v.47, n.11, p.751-755, 1970.

HEMPEL, C. G. *Filosofia da Ciência Natural*. 2.ed. Tradução Plínio S. Rocha. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1974.

HESSEN, J. *Teoria do Conhecimento*. Tradução Antônio Correia. Coimbra: Armênio Amado Editora, 1980.

- HERRON, M. D. Nature of science: panacea or pandora's box. *Journal of Research in Science Teaching*, v.6, p. 105-107, 1969.
- HODSON, D. Philosophy of Science, science and science education. *Studies in Science Education*, n.12, p.25-57, 1985.
- HODSON, D. Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, v.73, n.264, p.65-78, 1992.
- HODSON, D. Practical work in school science: exploring some directions for change *Internacional Journal Science Education*, v.18, p.755-760, 2000.
- HOLT, N. R. A note on Wilhelm Ostwald's Energism. *Isis*, v.61, p.386-389, 1970.
- HOLTON, G. The goals for Science Teaching. In: BROWN, S. C.; CLARKE, N.; TIOMNO, J. (Ed.) *Why Teach Physics?* Massachusetts: The M.I.T. Press, 1963, p.27-44.
- HOLTON, G. What historians of science and science educators can do for one another. *Science & Education*, v.12, p.603-616, 2003
- HUME, D. *Investigação sobre o entendimento humano*. In: Coleção Os Pensadores, São Paulo: Abril Cultural, 1973.
- IHDE, A.J. *The development of modern chemistry*. New York: Dover Publication, 1984, p.116-123.
- IMBERNÓN, F. (Org.) *A educação no século XXI: os desafios do futuro imediato*. Tradução Ernani Rosa, 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000, p.77-96.
- INMETRO. *Sistema Internacional de Unidades – SI*. 8.ed. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/Si.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2005.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS (IUPAP). Disponível em:< <http://www.iupap.org>>. Acesso em 10 mar. 2005
- IZQUIERDO, M. Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, n.8, p.7-21, 1996.
- JAFFE, B. The history of chemistry and its place in the teaching of chemistry. *Journal of Chemical Education*, v.15, p.383-389, 1938.
- JONES, K. M. The attainment of understanding about the scientific enterprise, scientists and the aims and the methods of science by students in a college physical science course. *Journal of Research in Science Teaching*, v.6, p. 47-49, 1969.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. *Internacional Journal Science Education*, v.22, n.9, p.993-1009, 2000.

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

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Philosophy of chemistry in university chemical education: the case of models and modelling, *Foundations of Chemistry*, v.4, p.223-240, 2002.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Teachers'views on the nature of models. *Internacional Journal Science Education*, v.25, n.11, p.1369-1386, 2003.

KAUFFMAN, G. B. History in the chemistry curriculum. *Interchange*, v.20, n.2, p.81-94, 1989.

KINCHELOE, J. L. *A formação do professor como compromisso político: mapeando o pós moderno*. Porto Alegre: Artmed, 1997, p.24.

KLOPFER, L. E.; COOLEY, W. W. The history of science cases for high school in the development of student understanding of science and scientists. *Journal of Research in Science Teaching*, v.1, p. 33-47, 1963.

KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. 1.ed. Tradução Antonio J. de Souza. São Paulo: Zahar/EDUSP, 1980, p.180 -181.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre o cientista. *Química Nova na Escola*, n.15, p.11-18, 2002.

KOULADIS, V.; OGBORN, J. Science teachers philosophical assumptions: how do we understand them? *International Journal of Science Education*. v.17, n.3, p.273-283, 1995.

KRAGH, H. *Quantum Generations – a history of physics in the twentieth century*. Princeton: Princeton University Press, 1999, p. 3-12.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 4.ed. Tradução Beatriz V. Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1996.

KUHN, T. *A tensão essencial*. Tradução R. Pacheco. Lisboa: Edições 70, 1977.

KUHN, T. *The road since structure*. 1.ed. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

LAIDLER, K. J. *The world of physical chemistry*. Nova York: Oxford University Press, 1993, p. 140-141.



- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. Tradução Angela Ramalho Vianna, Rio de Janeiro: Relume Dumara, 1997.
- LAUDAN, L. *Progress and its problems: towards a theory of scientific growth*. Berkely: University of California Press, 1977.
- LAUDAN, L. *et al.* Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica. *Estudos Avançados*, v.7, n.19, 1993.
- LAVACH, J. F. Organization and evaluation of an inservice program in the history of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v.6, p. 166-170, 1969.
- LAVILLE, C.; DIONNE, J. *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Tradução Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1999.
- LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, p. 331-359, 1992.
- LEDERMAN, N. G.; O'MALLEY, M. Students' perceptions of tentativeness in science development, use, and sources of change. *Science and Education*, v.74, p. 225-239, 1990.
- LEDERMAN, N. G.; WADE, P. D.; BELL, R. L. Assessing the Nature of Science: what is the nature of our assessments? *Science and Education*, v.7, p. 595-615, 1998.
- LEDERMAN, N. G. *et al.* Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: an intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v.1, p. 135-160, 2001.
- LEDERMAN, N. G.; Students and teacher's understanding the nature of science: a reassessment, *School Science and Mathematics*, v.86, p.91-99, 1986.
- LEDERMAN, N. G.; ZEIDLER, D. Science teachers' conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behaviour? *Science Education*, v.71, p.721-734, 1987.
- LEICESTER, H. M; KLICKSTEIN, H. S. *A source book in chemistry 1400-1900*. New York: McGraw-Hill Books Company, 1952.
- LEITE, L. History of Science in Science Education: development and validation of checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science and Education*, v.11, p.333-359, 2002.
- LOBO, S. F. Formação do Licenciado em Química: Epistemologia, Currículo e Prática Docente. In: *XII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Anais. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, ENEQ - 132, 2004.

- LOBO, S. F. Epistemologia Bachelardiana e o progresso filosófico das ciências físicas: implicações na Química e no ensino de Química. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002, p.245-257.
- LOMBARDI, O. I. La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos e contraargumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.15, n.3, p.343-349, 1997.
- LOPES, A. C. R. Conhecimento escolar em Química - processo de mediação didática da ciência. *Química Nova*, São Paulo, v.20, n.5, p. 563-567, 1997.
- LOPES, A. C. R. Currículo, conhecimento e cultura. In: *Ciência, Ética e Cultura na Educação*. CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. (Org.). São Leopoldo: Editora Unisinos, 1998.
- LOPES, A. C. R. *Livros Didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química*. Dissertação de Mestrado. Iesae / Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1990.
- LOPES, A. C. R. Livros Didáticos: Obstáculos ao Aprendizado da Ciência Química. *Química Nova*, São Paulo, v.15, n.3, p. 254-261, 1992.
- LORSBACH, A. W. *et al.*; An interpretation of assignment methods in middle school science. *International Journal of Science Education*, v.14, n.3, p.305-317, 1992.
- LOSEE, J. *Introdução histórica à Filosofia da Ciência*. 1.ed. Lisboa: Terramar, 1998, p.216.
- LUBISCO, N.; VIEIRA, S. C. *Manual de estilo acadêmico: monografias, dissertações e teses*, 2.ed., Salvador: EDUFBA, 2003.
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: E.P.U., 1986.
- LUFFIEGO, M. *et al.* Epistemologia, caos y enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.1, p.89-96, 1994.
- MAAR, J. H. *Pequena história da Química. Primeira parte: dos primórdios a Lavoisier*. 1.ed. Florianópolis: Papa Livro, 1999.
- MACKINSON, J. W.; RENNER, W. Are colleges concerned with intellectual development? *American Journal of Physics*, v.39, p.1047, 1971.
- MADRAS, S. The historical approach to chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, v. 32, p. 593-598, 1955.
- MALDANER, O. A. *A formação inicial e continuada de professores de Química*. 1.ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

- MALDANER, O. A. Epistemologia e a produção do conhecimento científico; implicações para o ensino de química. In: *VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO QUÍMICA*. Palestra de Abertura, Anais. Campo Grande, 1996.
- MARTINS, R. A. Que tipo de História da Ciência esperamos ter nas próximas décadas? *Episteme*. n.10, p.39-56, 2000.
- MATHIAS, S. O desenvolvimento da Físico-Química. *Ciência e Cultura*, v.9, n.2, p. 63-66, 1957.
- MATTHEWS, M. Editorial. *Science & Education*, v.6, p.323-329, 1997.
- MATTHEWS, M. History, Philosophy and Science Teaching: what can be done in an undergraduate course? *Studies in Philosophy and Education*, v.10, p.93-97, 1990.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n.3, p.164-214, 1995.
- MATTHEWS, M. R. *Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science*. New York and London: Routledge, 1994.
- McCOMAS, W. E.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, v.7, p. 511-532, 1998.
- McGUIRE, J. E. Scientific Change: Perspectives and Proposals. In: SALMON, M. H. *et al.* (Orgs). *Introduction to the Philosophy of Science*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992.
- MEAD, M.; METRAUX, R. Image of the scientist among high school students. *Science*, v.126, p.384-390, 1957.
- MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino de Física. *Ciência & Educação*, v.6, n.2, p.107-117, 2000.
- MIERZECKI, R. *The historical development of chemical concepts*. Varsóvia e Dordrecht: Polish Scientific Publishers e Kluwer Academic Publishers, 1991.
- MILLS, I. M.; CVITAS, T.; HOMANN, K.; KALLAY, N.; KUCHITSU, K. *IUPAC Quantities, units and symbols in physical chemistry*. Oxford: Blackwell, 1993.
- MITCHENER, C. P.; ANDERSON, R. D. Teachers' perspective: developing and implementing an STS curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, v.26, n.4, p.351-369, 1989.
- MÓL, G.; SILVA, R. R. *Concepções de professores do ensino médio sobre a constante de Avogadro*, 1998. Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/artigos/química/0032>>. Acesso em: 28 mar. 2005.

- MONDIN, B. *Curso de Filosofia: os filósofos do ocidente*. Tradução Benoni Lemos. São Paulo: Edições Paulinas, 1987
- MOORE, J.W. Editorial: history, chemistry and a longer view. *Journal of Chemical Education*, v. 75, p.1199, 1998.
- MORAES, R. Análise de Conteúdo. *Educação*, v.22, n.37, p.7-32, 1999.
- MORAIS, R. *Filosofia da Ciência e da Técnica*. 6.ed. Campinas: Papirus, 1997.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativo: teoria y práctica*. Madrid: Visor, 2000
- MOREIRA, M. A. *Pesquisa em ensino: o vé de Gowin*. São Paulo: EPU, 1990.
- MOREIRA, M. A. Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.10, n.1, p.108-117, 1993
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio Conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, v.9, n.2, p.301-315, 2003.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v.23, n.2, p.273-283, 2000.
- MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, v.4, n.3, 1995.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v.1, n.1, 1996.
- NASH, L. K. The origin of Dalton's chemical atomic theory. *Isis*, v.47, p.101-116, 1956.
- NEWTON, Isaac. *Óptica*, Tradução A. K. T. Assis, São Paulo: Edusp, 1996.
- NIAZ, M. How important are the laws of definite and multiple proportions in chemistry and teaching chemistry? – A history and philosophy of science perspective. *Science & Education*, v.10, p.243-266, 2001.
- NOVICK, S.; MENIS, J., A study of students perceptions of the mole concept. *Journal of Chemical Education*, v.53, n.11, p.720-722, 1976.
- NYE, M. J. *Before Big Science: the pursuit of modern chemistry and physics, 1800-1940*. Cambridge: Harvard University Press, 1996.

NYE, M. J. *The history of modern physics 1800-1950: the question of the atom*. Los Angeles: Tomash Publishers, 1984.

NYE, M. J. La preuve par les nombres In: *Les Cahiers de Science & Vie: révolutions scientifiques*, n.42, p. 6-14, 1997.

NYE, M. J. *The nineteenth-century atomic debates and the dilemma of an "indifferent hypothesis"*. *Studies History Philosophy Science*, v.7, n.3., p.245-269, 1976.

ÓDON, F. J. *Escritos de mecânica y termodinâmica: Ludwig Boltzmann*. Madrid: Alianza Editorial S/A, 1986, p.7- 44.

OGUNNIYI, M. B. Relative effects of a history/philosophy of science course on student teachers' performance on two models of science. *Research in Science & Technological Education*, v.1. p.193-199, 1983.

OKI, M. C. M. *Controvérsias sobre o atomismo no século XIX : partes I e II*. Salvador, 2004.(Trabalho não publicado)

OKI, M. C. M. Paradigmas crises e revoluções: a História da Química na perspectiva kuhniana *Química Nova na Escola*, n.20 , p.32-37, 2004.

OLIVEIRA, M. M. *O átomo da conceituação indutiva Grega à realização quantitativa européia*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e a Faculdade de Educação da USP. São Paulo, 1993.

OLSTAD, R. G. The effect of science teaching methods on understanding of science. *Science Education*, v.53, p. 9-11, 1969.

OSTWALD, W. Lições sobre filosofia da natureza Traduzido por J. I. Mexia de Brito. In: *A imagem da Natureza na Física Moderna* Heisenberg, W. (Org.), 19--?.

PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudança na prática de ensino da Química pela formação dos professores em História e Filosofia das Ciências, *Química Nova na Escola*, n.18, p.31-36, 2003.

PAPP, D.; PRELAT, C. E. *História de los principios fundamentales de la Química*. Buenos Aires/México: Epsa, 1950, p.113; 154 -159.

PARTINGTON, J. R. *A history of chemistry*. London: MacMillan and Company, v.4, 1962, p. 598.

PEIXOTO, H. R. C; MARCONDES, M. E. R.; ESPERIDIÃO, Y. M. Refletindo sobre a natureza da ciência em um curso de formação de professores. In: *XI Encontro Nacional de Ensino de Química*. Anais. Recife: Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002, p.94.

PENHA, A. F. *et al.* *A licenciatura em Química da UFBA: questões epistemológicas e implicações para o currículo.* In: XI Encontro Nacional de Ensino de Química. Anais. Recife: Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002, p.96.

PENHA, A. F. *et al.* Ensino de Química na formação inicial: novos espaços curriculares. VI Encontro de Educação em Química da Bahia, Universidade Estadual de Santa Cruz, 10 a 12 de setembro, 2003a.

PENHA, A. F. *et al.* *Licenciatura em Química da UFBA: intervenções no currículo.* VI Encontro de Educação em Química da Bahia, Universidade Estadual de Santa Cruz, 10 a 12 de setembro, 2003b.

PESSOA JUNIOR, O. P. *Filosofia & Sociologia da Ciência: uma introdução.* 1993. Disponível em: <file://A:\Filosofia%20&%20Sociologia%20da%20Ciência.htm>. Acesso em: 2 set. 2003.

PESSOA JUNIOR, O. P. *Anotações de aulas da disciplina: Introdução a Filosofia da Ciência,* Salvador, Instituto de Física, maio, 2004.

PIAGET, J.; GARCIA, R. *Psicogênese e história das ciências.* Lisboa: Dom Quixote, 1991.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.4, n.3, paginação eletrônica, 1999. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: 2 set. 2003.

PIGEARD, N. Question de langage, dites-vous? In: *Les Cahiers de Science & Vie: révolutions scientifiques*, n.42, 1997, p. 56-65.

POPPER, K. *A lógica da Pesquisa Científica.* Tradução Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota, São Paulo: Cultrix/EDUSP, 2001.

POPPER, K. *Conjecturas e Refutações.* Tradução Sérgio Bath. 3.ed. Brasília: Editora da UNB, 1982.

PURRINGTON, R. D. *Physics in the nineteenth century,* New Brunswick: Rutgers University Press, 1997, p.113-131.

PUIGSERVER, M.; SANS, M. C. Vacas Locas, enseñanza: aprendizaje y alfabetización científica. *Alambique - Didáctica de las ciencias experimentales*, n.32, p.24-31, 2002.

RAY, C. Logical Positivism. In: NEWTON-SMITH, W.H. (Org.) *A companion to the philosophy of science.* Oxford: Blackwell, 2000.

REZENDE, F. S.; QUEIROZ, S. L. As visões de alunos ingressantes no curso de Bacharelado em Química sobre as atividades desempenhadas pelos cientistas. In: *XII*

*Encontro Nacional de Ensino de Química*. Anais. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, ENEQ- 179, 2004.

ROBINSON, J. T. Philosophy of science: implications for teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, v.6, p. 99-104, 1969.

ROCHA-FILHO, R. C. Sobre o mol e seus afins: uma proposta alternativa. *Química Nova*, v.11, n.4, p.419-429, 1988.

ROCHA-FILHO, R. C. *et al.* Ensino de conceitos em Química. III. Sobre o conceito de substância. *Química Nova*, v.11, n.4, 1988.

ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. da. Mol: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*, n.1, p.12-14, 1995.

ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. da. Sobre o uso correto de certas grandezas físicas. *Química Nova*, v.14, n.4, p. 300-305, 1991.

ROCKE, A. J. Atoms and equivalents: the early development of the chemical atomic theory. *Historical Studies in the Physical Sciences*, v. 9., p. 225-263, 1978.

ROCKE, A. J. *Chemical atomism in the nineteenth century*. Columbus: Ohio State University Press, 1984.

RODRÍGUEZ, F. J. O. O. *Escritos de mecânica y termodinâmica: Ludwig Boltzmann*. Madrid: Alianza Editorial S/A, 1986, p.7-44.

RODRIGUEZ, M. A.; NIAZ, M. How in spite of rhetoric. History of Chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks. *Science & Education*, v.11, p.423-441, 2002.

ROGADO, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, v.10, n.1, p.63-73, 2004.

ROUSE, J. New philosophies of science in North America – twenty years later. *Journal for General Philosophy of Science*, v.29, p71-122, 1998.

ROWELL, J. A.; DAWSON, C. J. Mountain or mole hill: can cognitive psychology reduce the dimensions of conceptual problems in classroom practice? *Science Education*, v.64, n.5, p.693-708, 1980.

RUBBA, P.; HORNER, J.; SMITH, J. M. A study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School Science and Mathematics*, v.81, p.221-226, 1981.

RUTHERFORD, J.; HOLTON, G.; WALTON, M. *Harvard Project Physics*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970.

RYAN, A. G.; AIKENHEAD, G. S. Students' preconceptions about epistemology and science. *Science Education*, v.76, p.559-580, 1992.

SACRISTÁN, J. G. *O currículo: uma reflexão sobre a prática*. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SALMON, W. C. Logical Empiricism. In: NEWTON-SMITH, W. H. (Org.) *A companion to the philosophy of science*. Oxford: Blackwell, 2000.

SÁNCHEZ-RON, J. Usos e abusos de la historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.2, p.179-188, 1988.

SANTILLI, E. El valor metodológico y didáctico de las controversias científicas. *Episteme*, Porto Alegre, v.3, n.7, p.128-138, 1998.

SANTOS, B. F. ; NOVAES, L. Imagens de Ciências em Licenciandos de Química e Biologia – um estudo comparativo entre calouros e formandos. In: *XII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Anais. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, ENEQ - 059, 2004.

SCERRI, E. R. The failure of reduction and how to resist disunity of the sciences in the context of chemical education. *Science & Education*, v.9, p.405-425, 2000.

SCERRI, E. R. Bibliography for the philosophy of chemistry. *Synthese*, v.111, p.213-232, 1997.

SCERRI, E. R. The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, v.2, n.2, p.165-170, 2001.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*, São Paulo, v. 25, suplemento 1, p.14-24, 2002a.

SCHNETZLER, R. P. Concepções e alertas sobre Formação Continuada de Professores de Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n.16, p.15-20, 2002b.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. (Org.) *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2000.

SCHÓN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. NÓVOA, A.(Org.). In: *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

SCHÓN, D. A. *Educando o profissional reflexivo: um novo designer para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artemed Editora, 2000.



SEQUEIRA, M.; LEITE, L. A História da Ciência no ensino-aprendizagem das ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, v.1, n.2, p. 29-40, 1988.

SEROGLOU, F.; KOUMARAS, P. The contribution of the History of Physics in Physics Education: a review. *Science & Education*, v.10, p.153-172, 2001.

SHAPIRO, B. L. A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science learning about the 'face of science that does not yet know'. *Science Education*, v.80, p. 535-560, 1996.

SHILS, E. The order of learning in the United States from 1865 to 1920: The Ascendancy of the Universities. *Minerva*, v.16, n.2, p.159-195, 1978.

SILLIMAN, R. H. William Thomson: smoke rings and nineteenth-century atomism. *Isis*, v.54, n.178, p.461-474, 1963.

SILVA, M. Realismo e anti-realismo na ciência: aspectos introdutórios de uma discussão sobre a natureza das teorias. *Ciência & Educação*, v.5, n.1, 1999.

SILVERMAN, M. P. Raising questions: philosophical significance of controversy in science. *Science & education*, v. 1, p. 163-179, 1992.

SNOW, C. P. *As duas culturas e uma segunda leitura*. São Paulo: Edusp, 1995.

SOARES, M. B. Um olhar sobre o livro didático. *Presença Pedagógica*, v.2, n.12, p.53-62, 1996.

SOLBES, J.; TRAVERS, M. La utilización de la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de la Física e la Química, *Enseñanza de las Ciencias*, v.14, n.1, p.103-112, 1996.

STAVER, J. R.; LUMPE, A. T. A content analysis of the presentation of the mole concept in chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n.4, p.321-337, 1993.

TAMNY, M. Atomism and the mechanical philosophy. In: OLBY, R.C. *et al.*(eds.) *Companion to the history of modern science*, London: Routledge, 1990, p.597-609.

THACKRAY, A. W. The origin of Dalton's Chemical Atomic Theory: daltonian doubts resolved. *Isis*, v.57, n.1, p. 35-55, 1966.

TEIXEIRA, H. *A influência de uma abordagem contextual nas concepções sobre a natureza da ciência: um estudo de caso com estudantes de Física da UEFS*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física da UFBA, Salvador, 2003

TEIXEIRA, H.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JUNIOR, O. Concepções de estudantes de Física sobre a Natureza da Ciência e sua transformação por uma abordagem contextual

do ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.1, n.13, p.111-123, 2001.

TOBIN, K.; ESPINET, M. Impediments to change: applications of coaching in high school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, v.26, n.2, p.105-120, 1989.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. A evolução histórica dos pesos atômicos, *Química Nova*, v.17, n.2, p. 182-187, 1994.

TOULMIN, S. *Human Understanding: The collective use and evolution of concept* v.1, Princeton: Princeton University Press, 1972.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1987

VASQUÉZ ALONSO, A.; MASSANARO-MAS, M. A. Características del conocimiento: creencias de los estudiantes, *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p.377-395, 1999.

VIDEIRA, A. A. P. Algumas observações históricas e epistemológicas sobre o conceito de átomo clássico. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, n.10, p. 13-20, 1993.

VIDEIRA, A. A. P. A concepção atomista de Ludwig Boltzmann. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, v.7, n.1, p. 53-79, 1997a.

VIDEIRA, A. A. P. Atomismo, energetismo e pluralismo teórico no pensamento epistemológico de Ludwig Boltzmann. *Química Nova*, v.17, n.6, p. 461-164, 1994.

VIDEIRA, A. A. P. Notas introdutórias ao tema: as relações entre ciência e filosofia na passagem do século XIX para o século XX. *Perspectivas em epistemologia e história das ciências*. DIAS, A. L. M. (Org.) Feira de Santana: UEFS, 1997b, p.11-24.

WANDERSEE, J. H. The historicity of cognition: implications for science education research. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, n.4, p.423-234, 1992.

WANG, H. A.; SCHMIDT, W. H. History, Philosophy and Sociology of Science in Science Education: Results from the Third International Mathematics and Science Study. *Science Education*, v.10, p.51-70, 2001.

WANG, H. A.; MARSH, D. D. Science instruction with a humanistic twist: teachers' perception and practice in using the History of Science in their classrooms. *Science & Education*, v.11, p.169-189, 2002.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education. *Physics Education*, v.14, p.108-112, 1979.

WILSON, L. A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. *Science Education*, v.38, p. 159-164, 1954.

WORTMANN, M. L. C. É possível articular a Epistemologia, a História da Ciência e a Didática no ensino científico? *Episteme*, Porto Alegre, v.1, n.1, p.59-72, 1996.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### A QUANTIDADE DE MATÉRIA E O MOL: SENSO COMUM, HISTÓRIA E APRENDIZAGEM

#### INTRODUÇÃO

Uma das preocupações das investigações sobre Ensino de Química tem sido a análise e compreensão de vários aspectos da representação da matéria nos três principais domínios: macroscópico, microscópico e simbólico, ou seja, a linguagem química. A ênfase do ensino de Química tradicional tem sido nas dimensões macroscópica e simbólica, existindo pouca atenção na necessária articulação entre os aspectos macroscópico e microscópico e nas suas implicações. Esta é uma constatação amplamente encontrada na literatura sobre estudos nesta área.

Entre os conceitos químicos que articulam o mundo empírico (macroscópico) e a natureza íntima da matéria (mundo microscópico que não visualizamos diretamente, mas que pode ser modelado) encontra-se um conceito fundamental e, muitas vezes, pouco compreendido: a *quantidade de matéria*. A quantidade de matéria, simbolizada por “n”, é uma das sete grandezas que constituem o Sistema Internacional de Unidades (SI) e tem como unidade o *mol* (INMETRO, 2003). A introdução desta grandeza no SI sedimentou a idéia, hoje consensual, de que a matéria macroscópica é constituída por entidades elementares microscópicas (átomos, elétrons, íons, etc.).

Até o século XIX, a matéria era caracterizada quantitativamente pelo peso (no sentido de massa) e/ou pelo volume. Entretanto, o peso é uma força que, de acordo com a segunda lei da mecânica clássica, é diretamente proporcional à massa. Por isso, o peso pode ser empregado em lugar da massa, embora estas duas grandezas não sejam idênticas. Por outro lado, o volume é a quantidade do espaço ocupado por um dado corpo. Assim, a matéria era quantificada em termos macroscópicos, pelos efeitos produzidos em balanças e, no caso de sistemas fluidos, pelo espaço ocupado em equipamentos para medida de volume.

Com a consolidação do atomismo, na primeira metade do século XX, físicos e químicos passaram a reconhecer a necessidade de uma outra grandeza quantitativa da matéria, além da massa (peso) e do volume, nesse caso, associada às entidades

microscópicas elementares. Segundo Rocha-Filho (1988) o termo alemão inicialmente usado para esta nova grandeza foi *Stoffmenge*. Em 1961, E. A. Guggenheim, publicou um artigo, traduzindo este termo para o inglês como *amount of substance*. No francês a expressão equivalente é *quantité de matière*, o que parece ter influenciado o nome adotado no Brasil, *quantidade de matéria*, uma vez que *matière* pode ser traduzido para o português tanto como matéria quanto como substância. Em língua espanhola e inglesa, bem como em Portugal, o termo adotado é quantidade de substância.

Possíveis controvérsias a respeito da denominação correta da grandeza em foco podem ser resolvidas pela distinção entre matéria e substância. Substâncias são *modelos materiais* relativamente simples, tendo por constituintes microscópicos apenas um tipo de átomo ou de molécula ou ainda, grupos de íons diferentes em proporções precisamente definidas, ou seja, um mesmo tipo de espécies químicas [1]. Contudo, a maioria dos corpos materiais são misturas, portanto, não são substâncias.

A idéia de matéria, por outro lado, inclui as substâncias e vai além, abrangendo misturas de todo os tipos e sistemas submetidos a condições onde as substâncias são instáveis, por exemplo, estrelas. É nesse sentido que, consideramos a denominação quantidade de matéria mais apropriada que quantidade de substância porque, sendo mais abrangente, se aplica a todos os sistemas materiais e, não apenas, às substâncias.

A quantidade de matéria é uma *quantidade química* (MILLS *et al.*, 1993) que se relaciona diretamente com os conceitos de massa, volume e número de entidades elementares, fundamentando outros conceitos mais complexos de diversos conteúdos químicos como: estequiometria, concentração de soluções, equilíbrio químico, etc. O conceito de quantidade de matéria é um importante pré-requisito tanto para a aprendizagem de conhecimentos mais específicos, como para a resolução de alguns tipos de problemas químicos.

---

[1] Adotamos os termos *constituente ou espécies químicas* para designar as entidades elementares que constituem a matéria. Neste sentido, concordamos com ROCHA-FILHO *et al.* (1988) que consideram o *constituente* como a unidade que dá identidade a uma substância ou “conjunto de átomos que caracteriza uma substância particular” e *componentes* como os átomos que formam os *constituintes*.

## CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

### A gênese do mol como quantidade macroscópica de matéria

O século XIX foi marcado pelo debate entre atomistas e anti-atomistas. Assim, enquanto parte da comunidade científica compreendia a matéria como constituída por entidades elementares microscópicas, outros admitiam a teoria atômica daltoniana apenas como “uma hipótese útil, porém impossível de ser demonstrada” (CHAGAS, 2003, p. 36). Em grande parte, a resistência a aceitação dos átomos e moléculas estava relacionada ao caráter hipotético destes conceitos resultante da impossibilidade de sua observação direta e da ausência de meios que possibilitassem inferências desta existência a partir de outras observações.

Imerso neste ambiente e assumindo uma atitude anti-atomista, Ostwald adotou, em 1889, o termo *Mol.* (com um ponto após a palavra) como abreviatura de *molécula-grama*, expressão supostamente introduzida na Físico-Química por Walter Nerst anos antes. Posteriormente, o ponto indicativo da abreviatura foi retirado (LYBECK *et al.* 1985 *apud* ROCHA-FILHO, 1988).

Ostwald reconhecia a utilidade da hipótese atômica, embora considerasse átomos e moléculas como entidades teóricas e metafísicas, que não podiam ser visualizadas nem provadas experimentalmente. Neste contexto, passou a fazer uso da palavra *mol* considerando que não havia evidências científicas suficientes sobre a existência de moléculas; portanto, a denominação *mol* era preferível a *molécula-grama*, que referia-se a hipotéticas entidades microscópicas materiais. Ou seja: o significado adotado para o *mol* valorizava o referencial macroscópico em oposição ao referencial microscópico em que a molécula se enquadrava. O *mol* era identificado como uma porção de matéria ou uma quantidade de peso (massa) química.

A palavra *mol* tem uma etimologia latina e significa pilha, monte grande ou grande quantidade, portanto estaria mais adequado a um referencial macroscópico expressando a idéia originalmente adotada de *massa grande*. O uso deste termo aconteceu pela primeira vez quando Ostwald realizava experimentos de abaixamento do ponto de congelamento de soluções de água oxigenada com o objetivo de determinar o seu *peso normal* (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999).

Neste contexto ele fez uso do termo mol com um significado de peso [2], definindo-o no trecho a seguir:

Assim, se tem constatado que, diluindo-se um mol (o peso normal ou molecular expresso em gramas deve-se chamar a partir de agora de mol) de qualquer substância em 1 litro ou 1000g de água, a dissolução resultante congela a  $-1,850^{\circ}$ . (OSTWALD, 1900, p. 163, *apud* FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999, p. 361).

O pensamento de Ostwald e a sua linguagem refletem o contexto histórico deste período marcado pelo embate entre atomistas e equivalentistas acontecido, principalmente, na primeira metade do século XIX. A identificação feita por Ostwald do mol com o peso normal de uma substância expresso em grama, enquadra-se bem na tradição equivalentista que identificava a quantidade de substância com o peso, valorizando as grandezas macroscópicas e mensuráveis.

O Equivalentismo defendia que todos os problemas envolvendo o cálculo de quantidades químicas poderiam ser resolvidos através de conceitos macroscópicos e questionava a interpretação das combinações químicas tendo como base as hipóteses introduzidas por Dalton e Avogadro. As idéias equivalentistas estavam em harmonia com a tradição positivista, que enfatizava a medida de propriedades visíveis e mensuráveis a exemplo do volume e do equivalente. Neste episódio percebe-se que o forte comprometimento de cientistas com um determinado pensamento filosófico pode dificultar a aceitação de novos conhecimentos científicos.

A associação feita por Ostwald do seu conceito de mol (referencial macroscópico) com o peso legitimou conceitos como: átomo-grama, molécula-grama, massa-fórmula grama, equivalente-grama, etc., muito utilizados na Química durante o século XX. Posteriormente, tentou-se unificar as visões atomista e equivalentista através destes conceitos usados em cálculos químicos.

### **A constante de Avogadro: mediando o mundo macroscópico e o microscópico**

Uma das mais importantes constantes da Química Moderna, obtida a partir de experimentos é conhecida como constante de Avogadro. O nome é uma homenagem a um importante cientista Italiano, Amadeo Avogadro (1776 – 1856),

---

[2] Neste período usava-se o termo peso atômico para designar o que hoje denominamos de massa atômica relativa, expressão atualmente recomendada pela IUPAC.



que viveu na primeira metade do século XIX e, embora não tenha sido responsável pela sua determinação, contribuiu de maneira decisiva para o processo de consolidação da teoria atômico-molecular.

Esta consolidação possibilitou a aceitação de que a matéria era composta por partículas microscópicas e a retomada dos conceitos de molécula-grama e átomo-grama visando a determinação do número das partículas ou entidades elementares (átomos, moléculas ou íons) relativos a estas grandezas. Neste contexto a palavra molécula-grama passou a ter um significado diferente relacionado ao mundo microscópico. A relação do mol com um número padrão de partículas parece ter acontecido no início do século XX, articulação possibilitada pela determinação de um valor mais preciso da constante de Avogadro ( $N_A$ ).

A ampla aceitação do atomismo aconteceu, principalmente, a partir de duas importantes contribuições: os trabalhos feitos no início do século XX por Jean Perrin, que levaram a determinação empírica e mais precisa da constante de Avogadro e estudos envolvendo a ionização de gases em tubos de descargas, realizados por Joseph John Thomson (1856-1940), que culminaram com a descoberta do elétron, levantando a possibilidade de um átomo divisível.

As determinações da constante de Avogadro por Perrin tiveram como fundamento a teoria cinético-molecular e empregaram diferentes técnicas independentes que produziram resultados congruentes, servindo, desse modo, como legitimadores da realidade atômica em uma variedade de fenômenos. Em 1910, Ostwald rendeu-se ao atomismo, admitindo a existência de fundamento para a teoria corpuscular da matéria:

Eu estou hoje convencido que nós obtivemos recentemente a prova experimental da natureza discreta ou granular da matéria (...). Ter isolado e contado os íons gasosos de um lado (...) e, de outro, o acordo entre o movimento browniano e as exigências da hipótese cinética (...) permitem ao mais prudente dos sábios falar da prova experimental da teoria atômica da matéria. A hipótese atômica elevou-se portanto à categoria de uma teoria científica bem estabelecida (OSTWALD, 1910, *apud* OLIVEIRA, 1993, p.61)

A constante de Avogadro, que possui a unidade  $\text{mol}^{-1}$ , expressa a relação entre o número de entidades elementares microscópicas em uma amostra e a sua quantidade de matéria, ou seja:  $N_A$  é número de entidades elementares por mol de matéria. Desse modo, estabelece a relação entre os mundos macroscópico e microscópico.

A determinação desta constante teve como precursor o número de Loschmidt, obtido pelo pesquisador Joseph Loschmidt, em 1865, como o número de moléculas contidas em  $1\text{cm}^3$  de gás, sobre condições físicas padrão. (HAWTHORNE JUNIOR, 1973). No século XIX, o cálculo do número de partículas contido em uma certa porção de matéria era indireto e dedutivo, tendo o trabalho de Loschmidt sido uma referência para outras determinações realizadas à época. Os métodos utilizados eram físicos e não químicos e, além de indiretos eram altamente engenhosos em suas deduções que utilizavam equações da teoria cinética molecular.

No século XX, graças aos avanços tecnológicos, as determinações de  $N$  passaram a ter em comum a comparação da propriedade de uma porção da matéria com uma medida desta propriedade individual do átomo ou molécula constituinte dessa porção. Estas determinações tornaram-se cada vez mais precisas e a incerteza relativa hoje é de 0,59 ppm. Uma firme articulação do número de Avogadro com o conceito químico de mol aconteceu no século XX, graças criação de muitos experimentos possibilitados pelo uso da tecnologia. (HAWTHORNE JUNIOR, 1970, 1973)

A constante de Avogadro não deve ser confundida com o número de Avogadro que é um número puro, sem dimensão ( $6,022 \times 10^{23}$ ), que corresponde ao número de átomos contido em 12 g de carbono 12. De fato, é recomendável evitar a expressão número de Avogadro, uma vez que, a grandeza denominada constante de Avogadro é o produto de um número puro ( $6,022 \times 10^{23}$ ) por uma unidade de medida ( $\text{mol}^{-1}$ ). O valor da constante hoje recomendado pode ser alterado se métodos mais precisos para determinação do seu valor forem elaborados, uma vez que, esta constante é obtida empiricamente. (SILVA; ROCHA-FILHO, 1991, 1995; ROGADO, 2004).

### **A redefinição do mol e suas implicações**

Segundo Dierks (1981), as discussões sobre as dificuldades no uso da quantidade de matéria e do mol começaram a acontecer somente após a redefinição do mol acontecida através da IUPAP [3] (União Internacional de Física Pura e

---

[3] A IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), a IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) e a ISO (International Standards Organization) são instituições internacionais que têm entre os seus objetivos a normatização e simplificação da linguagem científica utilizada no mundo inteiro.

Aplicada) a partir de 1957 e, posteriormente, da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), na década de sessenta. Estes acontecimentos revelaram alguns problemas relacionados com a compreensão destes conceitos que anteriormente não eram percebidos.

Em 1958 a IUPAP propôs a seguinte definição relacionando os dois termos:

1 mol (cujo símbolo é a própria palavra mol) é a quantidade de matéria que contém o mesmo número de moléculas (ou íons, ou átomos, ou elétrons) que existem em exatamente 16 g do isótopo do Oxigênio puro  $O^{16}$ . (IUPAP, 1958 *apud* DIERKS, 1981, p.146).

Posteriormente uma nova definição foi apresentada pela IUPAC contendo novos termos que introduziram modificações no significado anterior, numa tentativa de tornar este conceito mais concreto através da precisão da natureza das entidades elementares (FURIÒ; AZCONA; GUIASOLA, 1999). O mol passou a ser definido da seguinte maneira:

O mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares como átomos de carbono-12 existentes em 0,012 kg do Carbono-12. Quando se utiliza o mol as entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, íons, elétrons e outras partículas ou grupos específicos de tais partículas. (MILL *et al.*, 1993, p.70)

A introdução da grandeza quantidade de matéria — ou seja, a restrição do significado da expressão quantidade de matéria — e a redefinição do mol como unidade de medida desta grandeza aconteceram ao mesmo tempo em que houve a unificação das escalas de massas atômicas utilizadas por físicos e químicos, através da adoção do nuclídeo (isótopo) do carbono 12 como padrão de massa atômica, a partir de janeiro de 1962.

Em 1971, levando em conta as propostas da IUPAC, IUPAP e ISO (Organização Internacional de Padronização), a 14<sup>a</sup> Conferência Geral de Pesos e Medidas recomendou o uso do mol como uma unidade do Sistema Internacional (SI) para a grandeza quantidade de matéria (SILVA; ROCHA-FILHO, 1991).

*A quantidade de matéria foi definida, portanto, como uma grandeza macroscópica relacionada ao número de entidades microscópicas elementares contidas em um corpo material. Seu valor é expresso na unidade denominada mol, que corresponde a  $6,02 \cdot 10^{23}$  entidades elementares materiais.*

Admitindo-se como pressuposto que toda porção macroscópica de matéria é constituída por entidades elementares microscópicas, é lógico que a quantidade de matéria deva ser medida em termos da quantidade dessas entidades elementares. Este é um ponto de vista privilegiado para o estudo dos sistemas materiais porque ao raciocinar em termos dos constituintes da matéria podemos compreender, explicar e prever o comportamento de porções macroscópicas, tal como acontece nas fábricas e laboratórios. Portanto, não se trata de uma conceituação científica vazia de valor social e operacional.

As grandezas massa e volume não são as mais adequadas para o estudo da transformações da matéria. Uma reação química adquire uma representação mais simples quando as quantidades de matéria são expressas em mols, em lugar de quilogramas ou metros cúbicos.

O volume de um corpo é o espaço ocupado pelo corpo, vale dizer, o espaço ocupado pelo conjunto de seus constituintes. Daí a relação direta entre volume e quantidade de matéria: quanto maior a quantidade de matéria, maior o volume do corpo e vice-versa. Entretanto espaço e constituição da matéria são propriedades totalmente distintas.

A massa de um corpo, medida em balanças como peso, refere-se à interação gravitacional do corpo com a Terra. Logo, a massa não é igual a quantidade de matéria que, na sua medida, independe da existência da gravidade. Contudo, há um vínculo de proporcionalidade direta entre ambas: ao variar a quantidade de matéria do corpo varia sua interação gravitacional no mesmo sentido. De fato, a massa de uma porção de matéria é a soma das massas de seus constituintes.

A quantidade de matéria ( $n$ ), o número de entidades elementares ( $N$ ), a massa ( $m$ ), e o volume ( $V$ ), são quatro grandezas que podem caracterizar uma amostra qualquer de matéria. São grandezas extensivas e intrínsecas à amostra, sendo todas diretamente proporcionais entre si e envolvendo três constantes de proporcionalidade, uma geral,  $N_A$  (constante de Avogadro) e duas específicas para cada amostra:  $M$  (massa molar) e  $V_m$  (volume molar). Contata-se, portanto, que a definição moderna da grandeza quantidade de matéria é do *tipo relacional*.

As relações de proporcionalidade da quantidade de matéria ( $n$ ) com a massa ( $m$ ), o volume ( $V$ ) e o número de entidades elementares ( $N$ ) são dadas no quadro abaixo:

### Relações de proporcionalidade da quantidade de matéria (n)

Relação com a massa	$m \propto n$	$m = M.n$
Relação com o volume	$V \propto n$	$V = V_m.n$
Relação com o número de entidades elementares	$N \propto n$	$N = N_A.n$

Estas relações são muito importantes na obtenção dos valores da quantidade de matéria e da quantidade de entidades elementares. Uma vez que estes não podem ser obtidos por medida direta, são calculados através da massa ou do volume do corpo, propriedades facilmente mensuráveis. Um ponto que deve ficar bem claro é que, embora a quantidade de matéria esteja relacionada a outras grandezas, não se confunde com elas, pois cada qual tem um significado próprio: a massa (na sua medida) vai se relacionar com a interação gravitacional, o volume refere-se a espaço e entidades elementares referem-se a constituintes microscópicos da matéria.

De acordo com Furió; Azcona e Guisasola (2002), mesmo após as modificações introduzidas e já se considerando a nova definição proposta para o mol, este continuou assumindo vários significados no ensino de Química, alguns deles equivocados, a exemplo de: massa química — neste caso podem ser usados termos como: molécula-grama, átomo-grama e fórmula-grama como sinônimos — ou um sentido numérico correspondente ao número de entidades elementares, em alguns casos o próprio número de Avogadro. As concepções errôneas se mantêm em autores e publicações de reconhecido prestígio, bem como entre os professores.

Furió; Azcona e Guisasola (1999, 2002) chamam atenção para o fato de que as modificações introduzidas ainda não foram bem assimiladas pela comunidade docente e discente. Apesar da redefinição da quantidade de matéria e do mol terem provocado mudanças na nomenclatura de grandezas usadas pelo químico na sua atuação profissional, parte dos docentes e dos estudantes ainda faz uso do termo *número de mols* ou quando utilizam a quantidade de matéria costumam atribuir-lhe um significado inapropriado (STAVER; LUMP, 1995; FURIÓ *et al.* 1993; FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999; MOL; SILVA, 1998).

Do nosso ponto de vista, a permanência do emprego do *número de mols* para significar quantidade de matéria se deve ao fato da expressão quantidade de matéria ter um uso coloquial mais amplo, relacionado a outras grandezas como

massa e volume. O mol é um termo estranho ao vocabulário leigo e, por isso, *número de mols* pode ser empregado como denominação de uma grandeza diferente, sem remeter o leigo, necessariamente, à massa e ao volume. É como se acontecesse uma recuperação da terminologia equivalentista, mesmo que de forma não voluntária.

Em nosso entender, a ambigüidade decorrente da familiaridade coloquial da expressão quantidade de matéria pode ser responsável por boa parte das dificuldades que são sentidas por vários químicos e professores. De fato, tem havido propostas para o emprego de terminologias alternativas à expressão quantidade de matéria: quantidade molar, quantidade química, particularidade, numerosidade, são alguns termos sugeridos, entre outros (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 2002).

Por outro lado, cientistas e professores são seres humanos normais que empregam a linguagem do senso comum no seu dia-a-dia, de modo que, também podem apresentar resistências às mudanças conceituais e vocabulares, o que explicaria a permanência de terminologia e conceituação inadequadas em materiais didáticos e salas de aula. A adoção do *número de mols* como designação da quantidade de matéria, cria dificuldade à aprendizagem do significado da grandeza quantidade de matéria, mas não, do significado de mol propriamente dito.

Toda grandeza possui um nome próprio cujo significado precisa ser aprendido para ser usado com adequação. O nome próprio da grandeza que expressa a quantidade de matéria de um corpo é *quantidade de matéria* e o *número de mols* (mesmo não sendo mais recomendado) é, tão somente, o valor de sua medida no corpo considerado. Do mesmo modo que não se costuma empregar *número de quilos* para significar massa, ou *número de litros* para significar volume — embora os valores destas grandezas sejam dados por tais números — não se deve substituir quantidade de matéria por *número de mols*. Cabe a nós, professores, trabalhar no sentido da superação da resistência à adoção da quantidade de matéria como termo científico, explicitando os significados que lhe estão associados no senso comum.

## CONCLUSÃO

O ensino equivocado do conceito de quantidade de matéria e o desconhecimento da resignificação da palavra mol são uma realidade, ainda hoje,

no ensino de Química, com os conseqüentes problemas de aprendizagem. O conhecimento de alguns aspectos da história da Química nos séculos XIX e XX pode ajudar a entender as dificuldades envolvidas na compreensão destes conceitos pelo estudante, possibilitando uma aprendizagem mais significativa e evitando a confusão conceitual detectada.

A utilização criteriosa da linguagem química, dos significados adequados e da nomenclatura recomendada pela IUPAC pode evitar que erros sejam cometidos, evitando ambigüidades indevidas.

O conhecimento da origem e evolução dos conceitos químicos e do contexto em que surgiram, pode evitar distorções oriundas do processo de transposição didática. A compreensão do contexto histórico subjacente à construção do significado de quantidade de matéria como grandeza química e do mol como sua unidade, pode ajudar aos professores e alunos a compreenderem mais amplamente estes conceitos, contribuindo para que aconteça uma melhor aprendizagem dos mesmos.

## REFERÊNCIAS

- CHAGAS, A. P. Os noventa anos de Les Atomes. *Química Nova na Escola*, n.17, p. 36-38, 2003.
- DIERKS, W. Teaching the mole *European Journal of Science Education*, v.3, n.2, p.145-158, 1981.
- FURIÓ, C. *et al.* Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud “olvidada” en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, v.11, n.2, p.107-114, 1993.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p.359-376, 1999.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.20, n.2, p.229-242, 2002.
- HAWTHORNE JUNIOR, R. M. Avogadro's number. Early values by Loschmidt and others. *Journal Chemical Education*, v.47, n.11, p.751-755, 1970.
- HAWTHORNE JUNIOR, R. M. The mole and Avogadro's number. *Journal Chemical Education*, v.50, n.4, p.282-284, 1973.
- INMETRO. *Sistema Internacional de Unidades – SI*. 8.ed. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/Si.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2005.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS. Disponível em: <<http://www.iupap.org>>. Acesso em 10 mar. 2005
- MILLS, I. M.; CVITAS, T.; HOMANN, K.; KALLAY, N.; KUCHITSU, K. *IUPAC Quantities, units and symbols in physical chemistry*. Oxford: Blackwell, 1993.
- MÓL, G.; SILVA, R. R. *Concepções de professores do ensino médio sobre a constante de Avogadro*, 1998. Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/artigos/química/0032>> Acesso em 28/03/2005.
- OLIVEIRA, M. M. *O átomo da conceituação indutiva Grega à realização quantitativa européia*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e a Faculdade de Educação da USP. São Paulo, 1993.
- ROCHA-FILHO, R. C. Sobre o mol e seus afins: uma proposta alternativa *Química Nova*, v.11, n.4, p.419-429, 1988.
- ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. da Sobre o uso correto de certas grandezas físicas. *Química Nova*, v.14, n.4, p. 300-305, 1991.
- ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. da Mol: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*, n.1, p.12-14, 1995.
- ROCHA-FILHO *et al.* Ensino de conceitos em Química. III. Sobre o conceito de substância. *Química Nova*, v.11, n.4, 1988.
- ROGADO, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, v.10, n.1, p.63-73, 2004.
- STAVER, J. R.; LUMPE, A. T. Two investigations of students understanding of the mole concept and its use in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n.2, p.177-193, 1995.



**ANEXO B**  
**TERMO DE COMPROMISSO**

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado, autorizo que os trabalhos realizados por mim na disciplina QUI 040 – História da Química, cursada no primeiro semestre letivo de \_\_\_\_\_, sejam divulgados em tese de doutorado, comunicações científicas em congressos e periódicos, resguardada a minha identidade.

Salvador, \_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

Nós, Maria da Conceição Marinho Oki e Edilson Fortuna de Moradillo, abaixo assinado, nos comprometemos a manter em sigilo a identidade do aluno ao lado identificado, ao utilizar seus trabalhos realizados na disciplina supracitada como dados de pesquisa em tese de doutorado, comunicações científicas em congressos e periódicos.

Salvador, \_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---



**ANEXO D**  
**QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES SOBRE A**  
**NATUREZA DA CIÊNCIA (ALUNOS INGRESSOS)**

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Curso de origem: \_\_\_\_\_

Obs: A identificação não é obrigatória.

- Por favor, responda cada uma das seguintes questões.
- Não há respostas “certas” ou “erradas”. Nós estamos interessados apenas em sua opinião sobre um conjunto de questões acerca da ciência.
- Este questionário não é uma avaliação, é parte de uma pesquisa de Curso de Doutorado e tem como principal objetivo melhorar a qualidade do ensino da Química.

1. Para você o que é ciência ?

2. Por que a Química é uma ciência?

3. A alquimia se constituía numa ciência? Explique.

4. Existe um método científico? Se a sua resposta for afirmativa, quais as etapas envolvidas neste método?

5. Qual a imagem que você tem de um cientista?

6. Como o químico produz novos conhecimentos ?
  
7. Qual a diferença entre uma teoria científica e uma lei científica? Explique.
  
8. Você acha que os átomos são objetos reais (realmente existem) ou ideais (fictícios) da ciência? Explique.
  
9. Para você, qual é o significado da palavra modelo, na ciência?
  
10. Por que os modelos são usados na ciência?

**ANEXO E****RELAÇÃO DOS LIVROS DE QUÍMICA GERAL ANALISADOS**

1. BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. *Química Geral*. Traduzido por Cristina Maria Pereira dos Santos. 2.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora S.A., v.1, 1986.
2. BRADY, J. E.; RUSSEL, J. W.; HOLUM, J. R. *Química*. Traduzido por J. A. Souza. 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora S.A., v.1, 2002.
3. BROWN, T. L.; LE MAY Jr., H. E.; BURSTEN, B. E. *Química: ciência central*. Traduzido por Horacio Macedo. 7.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999.
4. BROWN, T. L.; LE MAY Jr., H. E.; BURSTEN, B. E.; BUEDGE, J. L. *Química: ciência central*. Traduzido por Horacio Macedo. 9.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2005.
5. BUENO, W. A.; BOODTS, J. F. C.; DEGRÉVE, L.; LEONE, F. de A. *Química Geral*. 1.ed. São Paulo:McGraw Hill, 1978.
6. CHANG, R. *Química*. Traduzido por Joaquim J. M. Ramos *et al.*. 5.ed. Alfragide: Editora McGraw-Hill, 1994.
7. GARRITZ, A.; CHAMIZO, J. A. *Química*. Traduzido por Giovanni S. Crisi. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002. (não consta a edição)
8. KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. *Química e reações químicas*. Traduzido por José A. P. Bonapace e Oswaldo E. Barcia. 4.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora S.A., 1999.

9. QUAGLIANO, J. V.; VALLARINO, L. M. *Química*. Traduzido por Aída Espinola. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1973.
10. MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. *Química: um curso universitário*. Traduzido por Koiti Araki, Denise de O. Silva e Flávio M. Matsumoto. 4.ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1993.
11. MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKI, C. L. *Princípios de Química*. Traduzido por Jossyl da S. Peixoto. 6.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1990.
12. ROZENBERG, I. M. *Química Geral*. 3.ed. São Paulo: Nobel S.A., 1982.
13. ROZENBERG, I. M. *Química Geral*. 1.ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda./Instituto Mauá de Tecnologia, 2002.
14. RUSSEL, J. B. *Química Geral*. Traduzido por Márcia Guekezian *et al.* 2.ed. São Paulo: Makron Books, v.1, 1994.
15. SIENKO, M. J.; PLANE, R. A. *Química*. Traduzido por Ernesto Giesbrecht *et al.* 7.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1976.
16. SLABAUGH, W. H.; PARSONS, T. D. *Química Geral*. Traduzido por Alcides Caldas e Terezinha M. Tavares. 2.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982.

## ANEXO F

**RELAÇÃO DE LIVROS DE QUÍMICA GERAL E DISPONIBILIDADE  
NA BIBLIOTECA SETORIAL DE QUÍMICA (BSQ) – 2005.1**

- BRADY, James E.; HUMISTON, Gerard E. *Química Geral*, Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora S.A., v.1, 2ª ed., 1986.

AUTORIA: Brady, James E.  
 TÍTULO: Química geral / : James E. Brady, Gerard E. Humiston ; tradução de Cristina Maria Pereira dos Santos, Roberto de Barros Faria. -  
 EDIÇÃO: 2. ed.  
 IMPRENTA: Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, , c1986..  
 DESCRIÇÃO FÍSICA: 2v. : il.  
 ISBN: 8521604297 (broch.).  
**Exemplares 127**

- BRADY, James E.; RUSSEL, Joel W.; HOLUM, John R. *Química*, Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora S.A., v.1, 3ª ed., 2002.

**Não existe na BSQ**

- BROWN, Theodore L.; LE MAY Jr., H. E.; BURSTEN, B. E *Química: ciência central*. (Trad. Horacio Macedo).Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 7ª ed., 1999.

**Não existe na BSQ - solicitado compra**

- BROWN, Theodore L.; LE MAY Jr., H. E.; BURSTEN, B. E *Química: ciência central*. (Trad. Horacio Macedo).Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 9ª ed., 2005.

**Não existe na BSQ - solicitado compra**

- BUENO, Willie A.; BOODTS, Julien F.C.; DEGRÉVE, Leo; LEONE, Francisco de A. *Química Geral*. São Paulo:McGraw Hill, 1978.

TÍTULO: Química geral / : Willie A. Bueno ... [et al.]. -  
 IMPRENTA: Sao Paulo : : McGraw-Hill, , c1978..  
 DESCRIÇÃO FÍSICA: 734p. : il.  
**Exemplar 31**

- CHANG, Raymond. *Química*. Alfragide: Editora McGraw-Hill, 5ª ed., 1994.

AUTORIA: Chang, Raymond, 1939-  
 TÍTULO: Química / : Raymond Chang ; tradução Joaquim J. Moura Ramos ... [et al.]. -  
 EDIÇÃO: 5. ed. -  
 IMPRENTA: Lisboa : : McGraw-Hill, , c1994..  
 DESCRIÇÃO  
 O FÍSICA: 1115 p. : il.  
 ISBN: 9729241686 (enc.).  
**Exemplar 01 consulta**

- GARRITZ, Andoni.; CHAMIZO, José A. *Química*. São Paulo: Pearson education do Brasil, 2002.

AUTORIA: Garritz Ruiz, Andoni,  
 TÍTULO: Química / : Andoni Garritz Ruiz, José Antonio Chamizo Guerrero ; colaboração : José Antonio López-Tercero Caamaño ; tradução Giovanni S. Crisi. -  
 IMPRENTA: São Paulo : : Prentice Hall, , 2003..  
 DESCRIÇÃO  
 O FÍSICA: xvi, 676 p. : il. ; 24cm.  
 ISBN: 8587918257 (broch.).  
**Exemplar 01 consulta**

- KOTZ, John C.; TREICHEL, Paul. *Química e reações químicas*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora S.A., 4ª ed., 1999.

**Não existe na BSQ**

- QUAGLIANO, J.V.; VALLARINO, L.M. *Química*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 3a. ed., 1973.

AUTORIA: Quagliano, James Vincent,  
 TÍTULO: Química / : J. V. Quagliano e L. M. Vallarino ; traduzido por Aida Espinola. -  
 EDIÇÃO: 3. ed. -  
 IMPRENTA: Rio de Janeiro : : Guanabara Dois, , 1979..  
 DESCRIÇÃO  
 O FÍSICA: 855p. : il. ; tabs.  
 ISBN: 8570300646 (broch.).  
**Exemplares 19**



- MAHAN, Bruce M.; MYERS, Rollie J. *Química: um curso universitário*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1993.

AUTORIA: Mahan, Bruce H.,  
 Química: : um curso universitário / / Bruce M. Mahan, Rollie J. Myers ;  
 TÍTULO: coordenador Henrique Eisi Toma ; tradutores: Koiti Araki, Flávio Massao  
 Matsumoto e Denise de Oliveira Silva. -  
 IMPRENTA: São Paulo : : Edgard Blücher, , c1993 -.  
 DESCRIÇÃO 582 p. : il.  
 FÍSICA:  
 ISBN: 8521200366 (broch.)  
**Exemplares 03**

- MASTERTON, William L; SLOWINSKI, E.J.; STANITSKI, C.L. *Princípios de Química*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 6ª ed., 1990.

AUTORIA: Masterton, William L., 1927-  
 TÍTULO: Principios de química / : William L. Masterton, Emil J. Slowinski, Conrad L.  
 Stanitski ; traduzido por Jossyl de Souza Peixoto. -  
 EDIÇÃO: 6. ed. -  
 IMPRENTA: Rio de Janeiro : : Guanabara Koogan ; LTC, , c1990..  
 DESCRIÇÃO 681 p. : il.  
 FÍSICA:  
 ISBN: 8527701561 (broch.)  
 8521611218 (broch.)  
**Exemplares 08**

- RUSSEL, John B. *Química Geral*. São Paulo: Makron Books, v.1, 2ª ed., 1994.

AUTORIA: Russell, John Blair, 1929-  
 TÍTULO: Química geral / : John B. Russell ; coordenação Maria Elizabeth Brotto ;  
 tradução e revisão Márcia Gueskezian...[et al.]. -  
 EDIÇÃO: 2. ed. -  
 IMPRENTA: Sao Paulo : : Makron Books, , 1994..  
 DESCRIÇÃO 2v. ; il.  
 O FÍSICA:  
 ISBN: 8534601925 v.1 (broch.).  
 8534601518 v.2 (broch.).  
**Exemplares 70**

- ROZENBERG, Izrael. *Química Geral*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1ª ed., 2002

AUTORIA: Rozenberg, Izrael Mordka, 1923-  
TÍTULO: Química geral / : I. M. Rozenberg. - .  
EDIÇÃO: 1. ed. -  
IMPRESSÃO: Sao Paulo : : Nobel, , 2002..  
DESCRIÇÃO FÍSICA: 351 p. : il. ; 24cm.  
**Exemplar 01 consulta**

- SIENKO, Michell J.; PLANE, Robert A. *Química*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 7ª ed., 1976.

AUTORIA: Sienko, Michell J., 1923-  
TÍTULO: Química / : M. J. Sienko e Robert A. Plane ; tradução de Ernesto Giesbrecht, Lelia Mennucci, Viktoria Klara L. Osorio, Miuaco Kawashita Kuya. - .  
EDIÇÃO: 7. ed. -  
IMPRESSÃO: Sao Paulo : : Nacional, , c1976..  
DESCRIÇÃO FÍSICA: 605p. : il.  
**Exemplares 33**

- SLABAUGH, Wendell H.; PARSONS, Theran D. *Química Geral*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2ª ed., 1982.

AUTORIA: Slabaugh, Wendell H.,  
TÍTULO: Química geral / : Wendell H. Slabaugh, Theran D. Parsons ; tradução de Alcides Caldas e Terezinha Marialva Tavares. - .  
EDIÇÃO: 2. ed. -  
IMPRESSÃO: Rio de Janeiro : : Livros Tecnicos e Cientificos, , 1982..  
DESCRIÇÃO FÍSICA: x, 267 p. : il.  
ISBN: 8521601441 (broch.)  
**Exemplares 13**

**ANEXO G****PROTOCOLO DE ENTREVISTAS (alunos egressos)**

Nome: _____
Situação acadêmica: _____
Ensina ou pretende ensinar química? _____
Cursou a disciplina História da Química – QUI 040? _____

**➤ Dimensões: conceito de ciência e critérios de demarcação**

- A química é uma ciência? Por quê?
- Qual o seu conceito de ciência?
- A alquimia se constituiu numa ciência? Você acha que existe diferença entre a Química e a Alquimia? Explique.

**➤ Dimensão: As metodologias científicas**

- Você acha que existe um método científico? Justifique sua resposta.
- Se a resposta for afirmativa quais as etapas envolvidas neste método?

**➤ Dimensões: Contexto da descoberta científica e origem do conhecimento científico**

- Como novos conhecimentos químicos são produzidos?
- Qual a importância da observação na produção do conhecimento químico?
- Qual a importância das hipóteses na produção de novos conhecimentos científicos?

**➤ Dimensões: Contexto da justificação científica e relação entre leis e teorias**

- Qual a diferença entre uma teoria científica e uma lei científica e para que servem cada uma?
- Você acha que numa situação de conflito uma teoria deve ser abandonada? O que leva as teorias a serem abandonadas?

**➤ Dimensões: Natureza e uso dos modelos científicos**

- Para você, qual o significado da palavra modelo na ciência?
- Porque os modelos são usados na ciência?
- Porque os cientistas propõem modelos ?



5. Como é possível se calcular a *quantidade de matéria* de uma substância qualquer?

6. Existe alguma relação entre o conceito de quantidade de matéria e a constante  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  (constante de Avogadro)? Qual?

7. Qual o significado da constante de Avogadro?

**Na sua opinião, quais os significados dos seguintes termos:**

---

Mol

---

Massa

---

Peso

---

Volume

---

Número de mols

---

---

Quantidade de matéria

---

Massa molar

---

Massa atômica

