

ENSINO E APRENDIZAGEM DA GRANDEZA QUANTIDADE DE MATÉRIA E SUA UNIDADE, O MOL: A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA PARA SUA COMPREENSÃO

ROGADO, JAMES

Núcleo de Educação em Ciências, Universidade Metodista de Piracicaba.

Palavras chave: Ensino-aprendizagem; Dificuldades epistemológicas; História da Ciência.

1. OBJETIVOS

Este trabalho pretende descrever e analisar resultados de uma investigação desenvolvida sobre dificuldades de ensino e aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade de medida, o mol, decorrentes de minha investigação de mestrado (Rogado, 2000). Neste estudo constatei que os conceitos de quantidade de matéria e mol apresentam sérias dificuldades de ensino/aprendizagem, assim, visando contribuir para a solução deste problema didático, o trabalho pretendeu identificar as concepções dos professores e as expressas pelos livros didáticos relacionando-as às prováveis causas das dificuldades de ensino/aprendizagem desses conceitos.

2. MARCO TEÓRICO

A grandeza quantidade de matéria é definida de forma relacional com a massa, com o volume ou com o número de entidades elementares contidas na substância de que se trate, mas não se identifica com nenhum desses conceitos, apesar de todas se associarem ao mesmo objeto de investigação. Caso a quantidade de matéria varie, todas variarão proporcionalmente, porque a massa é proporcional à quantidade de matéria, bem como ao volume e ao número de partículas elementares. Da mesma forma, o volume é proporcional ao número de partículas elementares e à quantidade de matéria. A exemplo da massa de um sistema que é diretamente proporcional à quantidade de matéria, também o número de entidades elementares de um sistema é diretamente proporcional à quantidade de matéria. Então se tem que $N_A = N/n$, isto é, N_A corresponde ao número de entidades (N) por unidade de quantidade de matéria (n) e tem valor constante de $6,02214 \times 10^{23}$. Como N_A representa o número de entidades por mol ($N_A = N/n$), tem dimensão de mol^{-1} , logo $N_A = 6,02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Tratando-se de uma constante, deve-se evitar a expressão número de Avogadro, mesmo porque a constante pode ter seu valor alterado se forem descobertos métodos mais precisos de determinar-lhe o valor. Se a massa e a quantidade de matéria distribuem-se uniformemente por um objeto, as proporções podem ser convertidas em igualdades através da introdução das constantes de proporcionalidade: r = massa específica (densidade), m_e = massa média de cada partícula, V_e = volume médio ocupado por cada partícula, V_m = volume molar, M = massa molar – seu valor independe da massa e da quantidade de matéria. Assim, a massa é diretamente proporcional a sua quantidade de matéria – m a n , onde a constante de proporcionalidade permite a conversão de quantidade de matéria para massa, a massa molar, M , que é a massa da substância por unidade de quantidade de matéria: $m = M \times n$. Em cálculos estequiométricos é a massa molar a grandeza a ser usada, e não massa atômica ou molecular. Além disso, definir mol como a massa atômica ou molecular expressa em gramas é incorreto, conforme CGPM, 1971. As

antigas definições confundidas no passado com mol - molécula-grama, átomo-grama, massa molecular -, são, aproximadamente, o que hoje nomeamos de massa molar, unidade g/mol. Obtemos os valores de massas molares associando a unidade g/mol aos respectivos valores de massas atômicas relativas ou de massas moleculares relativas (Rocha-Filho & Silva, 1995). Também existe uma relação de proporcionalidade entre o volume e a quantidade de matéria – V a n , onde a constante de proporcionalidade V_m (volume molar ou volume de substância por quantidade de matéria) permite a passagem de quantidade de matéria para volume: $V = V_m \times n$.

A quantidade de matéria é a grandeza macroscópica que serve para contar unidades elementares. Recentemente, a IUPAC vem realizando esforços procurando a simplificação, a coerência e a lógica da linguagem usada pelos químicos no mundo. Assim, a comunidade científica, através das publicações da IUPAC, considera anacrônica e obsoleta a utilização de algumas nomenclaturas, devendo ser abandonadas (Rocha-Filho & Silva, *op. cit.*).

Esta constatação reforça a percepção da transição dos conceitos científicos – como surgem os conceitos em um determinado contexto teórico e histórico, como posteriormente evoluem, e, conforme o caso, em uma nova situação, como podem chegar a desaparecer. Esse é o caso do conceito de peso equivalente que em um contexto teórico atomista não é necessário para solucionar o problema da determinação das proporções em massa com que se combinam as substâncias nas reações químicas. Ele é substituído pelos conceitos de quantidade de matéria e de mol, conseqüência da plena aceitação por parte da comunidade científica da teoria atômico-molecular para interpretar as reações químicas (Furió *et al.*, 1999). Silva & Rocha-Filho (1995) argumentam que o uso de uma linguagem mais simplificada e coerente certamente contribuiria para uma diminuição na dificuldade de aprendizagem de certos termos químicos, o que acorda com os resultados obtidos por Gabel & Sherwood *apud* Furió *et al.* (2002) que demonstram que a dificuldade na resolução de problemas era devida, provavelmente, à utilização do termo mol e de outros pouco familiares, mais que a falta de compreensão de volume, massa ou número de partículas. Colabora para esse pensamento a situação de que os alunos não somente terminam seus estudos sem saber resolver problemas e com uma imagem distorcida do trabalho científico, senão que a imensa maioria deles nem sequer compreenderam os conceitos científicos mais básicos, como quantidade de matéria e mol, apesar de tê-los *aprendido*: esses erros expressam idéias muito seguras e persistentes, afetando similarmente a alunos de diferentes países e níveis. Ao mesmo tempo, o estudo crítico da História e Epistemologia da Ciência – História vista como fonte de problemas e avanços no conhecimento científico – poderia facilitar saltos qualitativos entre perfis conceituais presentes na construção dos conhecimentos científicos. O ensino dogmático, no qual se aprende as leis, as fórmulas que as traduzem e depois sua utilização, é frio, estático e acaba dando a falsa impressão de que a Ciência é algo morto e definitivo.

O conhecimento não pode estar dissociado do seu contexto histórico – períodos sucessivos do desenvolvimento de um conceito ou de uma estrutura, com ou sem acelerações e regressões, *cortes epistemológicos*, a existência dessas etapas de desenvolvimento e o porquê de sua sucessão –, pois, a história de um conceito fornece alguma indicação sobre o seu significado epistêmico. A Ciência desenvolve-se sem parar e, necessariamente, mais cedo ou mais tarde, produz-se um desacordo entre a multiplicidade real dos fatos observados e a multiplicidade artificial da teoria, tornando necessário o alargamento do antigo preceito ou a substituição por novas idéias mais adequadas. A compreensão que os aspectos histórico – origem e evolução dos conceitos químicos – e problematizador podem proporcionar através da crítica dos problemas ocorridos durante a construção histórica do conhecimento, poderia facilitar o apontamento das prováveis causas do pouco entendimento que os estudantes tem sobre os conceitos de quantidade de matéria e de mol (Furió *et al.*, 1999). Esse caminho também estaria possibilitando maior percepção da influência da Ciência na Tecnologia, Sociedade, Política e Economia e destas sobre a própria Ciência, suscitando entendimento mais complexo da realidade, e indicando as aplicações alternativas que poderiam ser propostas para superação do problema, evitando, dessa forma, graves conseqüências em relação à educação Química.

3. ALGUNS DADOS DA PESQUISA

Neste trabalho, procurei resgatar a origem e evolução dos conceitos de quantidade de matéria e mol. A construção e sistematização dos dados nortearam-se por um procedimento de natureza exploratória, seguidas de análise e discussão apoiadas em orientações qualitativas da pesquisa e de Técnicas de Análise de Conteúdo definidas por Bardin (1977). A análise de conteúdos é um conjunto de técnicas de análise de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. A intenção da análise de conteúdo, segundo Bardin (*op. cit.*, p. 38) é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não), a maioria dos procedimentos de análise organizada em redor de um processo de categorização.

A investigação buscou identificar as concepções dos professores quanto aos conceitos de quantidade de matéria e de mol, suas origens e evolução histórica do significado desses conceitos. Essas concepções estariam relacionadas à formação profissional docente, entendendo-se por formação docente aquela que não tem começo ou fim, mas é resultado de uma polifonia contínua. Os sujeitos da investigação: 50 alunos do 6º e 7º semestres de curso de licenciatura em química; 29 professores em exercício no ensino médio; 05 professores formadores, atuantes em curso de licenciatura em química. A amostra de livros didáticos constou de 38 livros didáticos e manuais de professores, distribuídos em 32 para o ensino médio e 06 para o ensino superior. Após a identificação dos sujeitos da pesquisa iniciamos a elaboração de três questionários e de uma entrevista semi-estruturada com questões referentes ao tema da pesquisa. Por fim, organizamos um roteiro para análise de livros e textos.

Os resultados da investigação apontam uma tendência de pensamento dos professores de química sobre os conceitos de quantidade de matéria e mol desconexo do significado que lhes é atribuído pela comunidade científica: a maioria dos professores desconhece a grandeza quantidade de matéria, utilizando o "número de mols" em seu lugar, atribuindo-lhe a idéia de uma "massa química" ou um "número de Avogadro" de entidades elementares.

O desconhecimento da construção histórica - origem e evolução destes conhecimentos – e as dificuldades de compreensão desses conceitos parecem estar relacionados. Desse modo, a percepção e a prática do ensino pelos professores apresentam visões aproblemáticas e ahistóricas dos conceitos de mol e quantidade de matéria. Aliás, o conceito de quantidade de matéria costuma ser esquecido e substituído pelo número de mols.

A análise de textos e livros didáticos – os materiais curriculares mais utilizados para o ensino de ciências em todos os níveis educativos – confirma o entendimento de que a grandeza quantidade de matéria não é tratada, sendo substituída pelo número de mols: adaptações impróprias do conceito de mol, incorporando o significado equivalentista original do início do século. Além disso, a ausência da abordagem histórica e o tratamento aproblemático dos conceitos são quase uma unanimidade entre os materiais investigados.

Destarte, o desconhecimento e trato aproblemático e ahistórico dos conceitos por parte dos professores de ensino médio e superior (formadores) e dos autores de livros didáticos, certamente pode gerar dificuldades posteriores para o entendimento e sistematização dos conhecimentos e cálculos estequiométricos.

O trabalho dá indícios de que essas dificuldades são gerais entre os professores, independentes da universidade cursada ou escola em que atuam (particular ou pública), mas que podem ser minimizadas com a experiência docente, permeada por uma formação continuada.

Chama a atenção, também, a indisposição dos formadores em falarem/discutirem, especificamente, o tema quantidade de matéria e mol. Esse aspecto refere-se à formação dos professores e suas dificuldades epistemológicas advindas de uma má formação na Universidade: o desconhecimento de conceitos levará, certamente, a um trabalho inadequado com eles.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destacaria mais dois aspectos para a problematização do processo de ensino e de aprendizagem do conceito de Mol, mas que no meu entendimento envolve não somente ele, mas outros conceitos científicos químicos. Trata-se da formação do professor que ensina Química e do material didático-pedagógico atualmente utilizado nas escolas.

A formação de professores deveria estar centrada em necessidades formativas, como: conhecimento dos conteúdos científicos a ensinar – aspectos epistemológicos e históricos e as interações Ciência, Tecnologia e Sociedade associadas à construção dos conhecimentos –, superação do senso comum pedagógico – rompendo com visões simplistas sobre o ensinar, incorporando conhecimentos contemporâneos em Ciência e Tecnologia concebidos como cultura –, aproximação entre pesquisa em ensino de Química e ensino de Química – a investigação como manancial de reflexões e ações à articulação teoria-prática –, conhecimento e análise das principais dificuldades que envolvem o ensino de Química – gerando propostas de intervenção para a sua melhoria e a construção de estratégias de ação e teorias que sejam adequadas a resolução de situações de ensino-aprendizagem.

Quanto ao material didático-pedagógico atualmente disponível nas escolas, inserido tanto em livros textos, como em laboratórios, sua influência é marcante no processo de ensino-aprendizagem, relevante para a concepção de Ciência e de cientistas construídas pelo aluno. Apesar de tal relevância, costuma apresentar-se como um espetáculo de regras e coisas para decorar, sem uma abordagem prévia dos aspectos macroscópicos dos fenômenos. Também, é freqüente a apresentação de uma ciência descontextualizada, separada da sociedade e da vida cotidiana – é importante dialogar com o texto para criticá-lo, pois o material didático tradicional parece bom para quem já sabe, não para quem vai aprender.

Isso posto, afirmaria que se faz necessário ampliar estudos sobre a questão da elaboração de conceitos químicos na ótica aqui tratada, considerando-se suas implicações para a compreensão macrodimensional da Química e seu processo educativo. São poucos os estudos no Brasil nesse sentido, e me parece que esta linha investigativa ainda está para ser explorada, senão (re)descoberta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDIN, L. (1977) *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- FURIÓ, C., AZCONA, R. e GUIASOLA, J. (1999) Dificultades Conceptuales y Epistemológicas del Profesorado en la Enseñanza de los Conceptos de Cantidad de Sustancia y de Mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 359-376.
- FURIÓ, C., AZCONA, R. e GUIASOLA, J. (2002) Revisión de Investigaciones Sobre la Enseñanza-Aprendizaje de los Conceptos de Cantidad de Sustancia y Mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), pp. 229-242.
- ROCHA-FILHO, R. C. e SILVA, R. R. (1995) Mol - Uma Nova Terminologia. *Química Nova na Escola*, 1, pp.12-14.
- ROGADO, J. (2000) *Quantidade de Matéria e Mol – Concepções de Ensino e Aprendizagem*. Piracicaba: Dissertação de Mestrado - PPGE/FE/UNIMEP.