

A grandeza “Quantidade de Matéria” e sua unidade, mol: Uma investigação realizada com docentes das universidades de Minas Gerais

Sandra Franco-Patrocínio¹ (PG)*, Ivoni Freitas-Reis² (PQ)

*sandra.franco@ice.ufjf.br

1, 2 - Departamento de Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 36036-900, Brasil.

Palavras-Chave: História da Ciência, Ensino de Química, Quantidade de Matéria.

Resumo: Este trabalho discute a importância de inserir a História da Ciência (HC) nas aulas que abordam a temática quantidade de matéria e a unidade mol. Apresenta uma investigação alicerçada na Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), em que analisamos um questionário proposto aos docentes das universidades de Minas Gerais. Os resultados indicam que a grandeza quantidade de matéria e o mol é pouco compreendido por alunos que cursam disciplinas iniciais da química na graduação. Como sugestão para uma possível mudança da situação atual, propomos a inclusão da História da Ciência no processo de aprendizagem. Acreditamos que a compreensão da construção histórica dessa grandeza ao longo dos séculos auxiliará o aluno a compreender e diferenciar o conceito de sua notação matemática.

INTRODUÇÃO

Atualmente define-se o mol como sendo a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 kg de carbono 12 (SILVA e ROCHA-FILHO, 1995). A princípio, sua definição parece simples, mas o que ocorre é uma simples memorização em detrimento da compreensão do conceito pelos alunos, tanto da educação básica como do ensino superior.

Na busca por colaborar com a compreensão da temática quantidade de matéria pelos estudantes, torna-se importante investigar novas formas de abordá-lo em sala de aula. Uma das estratégias que pode ser utilizada é o emprego da História da Ciência. A discussão referente à importância, bem como as implicações de inserir a História da Ciência na busca de uma educação científica satisfatória e com uma visão da ciência mais realista, tem sido amplamente pesquisada nas últimas décadas (ALLCHIN, 2002, 2004; BELTRAN, 2009, 2013; BURBULES & LINN, 1991; FERREIRA (2010); GONÇALVES (2005); HODSON, 1991; MATTEWS, 1994, 1998; OKI (2006); OKI e MORADILLO (2008); dentre outros).

Nos trabalhos de Michael Matthews, o fundador da revista *Science & Education*, ele defende a importância e as contribuições de tal abordagem no ensino:

1) desperta o interesse dos alunos; 2) humaniza os conteúdos; 3) proporciona uma melhor compreensão dos conceitos científicos mostrando seu desenvolvimento e evolução; 4) tem valor intrínseco a compreensão de episódios cruciais na história da ciência, como o darwinismo, por exemplo; 5) demonstra que a ciência é mutável e dinâmica e que, conseqüentemente, o conhecimento científico atual é suscetível de ser transformado; o que 6) desta maneira, combate a teologia cientificista; e finalmente 7), a história permite o conhecimento mais rico do método científico e mostra as fases de mudança das metodologias aceitas (MATTEWS, 1994, p. 259).

Robilotta (1988) argumenta que a inserção da HC no ensino contribui para que o aluno não compreenda a ciência somente como um produto acabado, passando assim, uma falsa impressão do fazer ciência como algo simples. Complementando essa ideia Castro e Carvalho (1992) afirmam:

Quando um aluno chega ao ponto de interrogar o objeto de estudo em sua gênese, buscando as razões ou os motivos que o engendraram, tentando acompanhar as modificações que lhe foram feitas ao longo das diversas incursões através do tempo, ele parece confessar uma certa disposição para reconstruí-lo. Ou seja, quando ele discute de onde vieram certas ideias, como evoluíram para chegar onde estão ou mesmo quando questiona os caminhos que geraram tal evolução, de certa forma ele nos dá indícios de que reconhece tais conceitos como objeto de construção e não como conhecimentos revelados ou meramente passíveis de transmissão. Buscar razões, parece indicar um comprometimento maior com o que se estuda e se, além disso, o aluno argumenta, ele dá mostras de estar reconhecendo-se também como sujeito construtor de saber (p. 233).

Podemos assim, inferir que a História da Ciência, quando trabalhada levando em conta os problemas científicos, religiosos, financeiros e sociais em que o conhecimento foi desenvolvido, contribui para mostrar ao educando a natureza do conhecimento científico, diferentemente do que eles podem encontrar nos livros didáticos, e nos meios de comunicação de massa, que enfatiza uma visão positivista da ciência, mostrando somente os resultados das descobertas, ignorando o percurso trilhado para chegar a tais conceitos.

Assim, a História da Ciência tem a função de complementar a educação científica já realizada em sala de aula, humanizando e discutindo o conteúdo estudado. A HC contribui para colocar um fim na repetição de informações que não podem ser compreendidas pelo educando, buscando estabelecer estratégias que permitem aos alunos realizarem um trabalho cognitivo e poderem superar seus obstáculos de aprendizagem (GAGLIARDI, 1998).

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO CONCEITO DE QUANTIDADE DE MATÉRIA

As décadas finais do século XVIII foram muito significativas para o desenvolvimento do atomismo, tornando-se objeto de pesquisa e estudos sistemáticos. Havia muitos pesquisadores imersos no desenvolvimento da ciência. No início do século XIX, John Dalton (1766-1844), defensor das ideias atomistas, publicou em 1808 "*A New System of Chemical Philosophy*", em que mostrou a teoria de que a matéria se constituía de átomos. Assim, preocupou-se em criar um sistema de símbolos que, além de representar os elementos, indicaria também seus pesos atômicos (ROSA, 2012). Dalton apresentou uma postura cética quando em 1809, Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) defendeu, na Sociedade Filomática de Paris, suas experiências sobre os volumes dos gases em uma reação. Sob o título "*Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*", Gay-Lussac enunciou uma lei que ficou conhecida como "Lei das Combinações Volumétricas".

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856) tinha conhecimento das discussões que envolviam a química e a física da época. Ele buscou estudar os resultados de Gay-Lussac, a partir das concepções de Dalton, que relacionava o volume dos gases e os números de moléculas nele contido, em uma mesma condição de temperatura e pressão. Essa hipótese também levava a supor a existência de moléculas diatômicas formadas pela união de átomos iguais (CHAGAS, 2003). Em 1811, Avogadro publicou no *Journal of Physique*, um artigo intitulado "*Essay on a*

Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules”, em que tinha como foco principal a constituição molecular dos gases, assim:

A primeira hipótese que se apresenta a esse respeito, e que parece mesmo a única admissível, é supor que o número de moléculas integrantes num gás qualquer, é sempre o mesmo a volumes iguais, ou é sempre proporcional aos volumes (AVOGADRO, 1811 apud OKI, 2009, p. 1074)¹.

Avogadro também propôs uma segunda hipótese, em que diferenciava átomos e moléculas:

Vamos supor que as moléculas constituintes de qualquer gás simples não são formadas de uma molécula elementar, mas são feitas de um certo número dessas moléculas elementares, unidas por atração para formar uma molécula única. E mais, supomos também que, quando moléculas destas substâncias vão combinar com moléculas de uma outra, para formar a molécula de um composto, a molécula integral que se deveria formar se quebra em duas ou mais partes (AVOGADRO, 1811 apud OKI, 2009, p. 1074-1075)².

Suas hipóteses foram ignoradas ou rejeitadas pela maioria dos químicos até a década de 1860. Apesar da hipótese de Avogadro fornecer subsídios para a objeção de Dalton às ideias de Gay-Lussac, parecia absurdo pensar que as moléculas eram compostas por “duas moléculas elementares”, ou átomos; sobretudo quando pensava-se na teoria eletromagnética defendida por Jöns Jacob Berzelius (1770-1848). Berzelius imaginava que átomos iguais se repeliam, o que tornava impossível a existência de partículas formadas pela combinação de átomos idênticos (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992; MAAR, 2011).

Camel et al (2008) afirmam que até a metade do século XIX havia uma grande confusão em relação a terminologia e a notação empregada na química. Buscando chegar a um acordo sobre essa problemática, foi proposto no ano de 1860 um congresso em Karlsruhe, na Alemanha. Assim, em uma circular redigida por Friedrich August Kekulé (1829-1896) e Charles Adolphe Würtz (1817-1884), mostravam-se inclinados a terminar com “as profundas divergências sobre as palavras e os símbolos, que dificultam a comunicação e a discussão, recursos essenciais para o progresso científico” (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992, p. 195).

Nesse congresso - que reuniu cento e quarenta químicos - surgiu a personalidade de Stanislao Cannizzaro (1826-1910) que redescobriu as ideias de Avogadro a respeito das moléculas diatômicas. Ele compilou uma tabela de massas atômicas e a apresentou na conferência de Karlsruhe. Nesta conferência, Cannizzaro demonstrou que as ideias de Avogadro permitiram não só a determinação das massas atômicas das moléculas, mas também indiretamente a dos seus átomos constituintes. Assim, Cannizzaro finalizou este conflito de décadas a respeito das massas atômicas e fórmulas moleculares, Avogadro foi saudado como um dos fundadores da teoria atômica (OKI, 2009).

O conceito de mol, introduzido por Wilhelm Ostwald (1853-1932) em 1900, foi inicialmente associado à unidade individual de massa, devido ao seu ceticismo inicial em relação à teoria atômico-molecular. Ostwald definiu mol como o “peso normal ou molecular de uma substância expresso em gramas” (FURIÓ et al., 1999). Somente em 1971, o mol passou a ter o significado ao qual utilizamos hoje, como afirmam Silva e

¹ Mais tarde, em 1814, André Marie Ampère (1775-1836) trilhou por um caminho semelhante.

² “O termo ‘molécula constituinte’ foi usado por Avogadro para se referir às moléculas de substâncias elementares (simples) e ‘molécula integral’ referia-se a molécula de uma substância composta. O termo ‘molécula elementar’ era empregado para o átomo” (OKI, 2006, p. 189).

Rocha-Filho (1995), o mol foi introduzido como unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza quantidade de matéria. Anteriormente, essa grandeza era citada como 'número de mols', sendo esta expressão não mais recomendada. Assim, ainda é muito comum definir o mol como a massa atômica ou molecular expressa em gramas. Sendo a definição atual muito diferente, referindo-se à grandeza quantidade de matéria.

Em relação à hipótese de Avogadro, Joseph Loschmidt (1821-1895), Rudolf Clausius (1822-1888) e Johannes Diderick van der Waals (1837-1923)³, já haviam proposto valores para essa grandeza, mas ficou para o físico-químico Jean Baptiste Perrin (1870-1942), definir o valor da constante de Avogadro a partir de evidências experimentais. Em 1909, Perrin publicou o artigo *Mouvement brownien et réalité moléculaire* nos *Annales de Chimie et Physique*, nele Perrin sugeriu nomear a constante em honra de Avogadro. "Este número N invariante é uma constante universal, que pode, com justificativa, ser chamada constante de Avogadro" (PERRIN, 1909 apud JENSEN, 2007, p. 48).

Mais tarde, em 1913, Perrin publicou a obra *Les Atomes*, onde tratou de diversos temas relacionados à teoria atômica, tendo ilustrado em uma tabela os resultados para a determinação da constante de Avogadro por diferentes métodos, afirmando que: "Estou atônito de admiração diante do milagre da concordância tão precisa a partir de fenômenos tão diferentes" (PERRIN, 1913, p. 289). Seu trabalho foi de grande importância para acabar com a controvérsia envolvendo o atomismo no século XIX. Em reconhecimento aos trabalhos de Perrin, no ano de 1926, ele recebeu o prêmio Nobel de Física (CHAGAS, 2003; JENSEN, 2007).

Acreditamos que se o educando conhecer as discussões que perpassam o tema, ele poderá entender a construção do conhecimento, na medida em que compreende a definição do conceito de átomo, molécula e elemento, que derivam dos estudos de Lavoisier, bem como, das dificuldades de estabelecer uma concepção de átomo e volume atômico a partir dos estudos de Dalton, Gay-Lussac e Avogadro. Tais estudos culminaram na definição de mol após esta terminologia passar por várias modificações desde a criação do termo por Ostwald e mais tarde obter sua definição numérica por Perrin, denominando-a constante de Avogadro, conforme discorremos anteriormente. Sendo assim, o aluno poderá envolver-se no conteúdo de forma que possa realmente entendê-lo e não apenas aplicar diretamente as constantes e valores matemáticos.

A DIFICULDADE DE APRENDIZAGEM DO CONCEITO QUANTIDADE DE MATÉRIA E SUA UNIDADE - O MOL: O LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO EM TORNO DESSA PROBLEMÁTICA

Ao fazermos uma revisão das pesquisas publicadas, percebemos que os conceitos relacionados a quantidade de matéria, constante de Avogadro e a unidade mol, são inseridos no ensino básico de maneira direta objetivando, geralmente, que o aluno seja capaz de realizar cálculos nos quais o valor da constante e a unidade de medida mol são solicitados para a solução de problemas, cálculos estequiométricos ou equivalentes. Assim, o educando não compreende como se deu a construção de tais conhecimentos. Este fato se prolonga no ensino superior, já que os alunos chegam à universidade com defasagem na aprendizagem de diversos conteúdos químicos, e que, ao cursarem disciplinas introdutórias, como é o caso da disciplina de Química Fundamental ou Química Geral, nas diversas IES no Brasil, ocorre um alto índice de

³ Todos esses cientistas, obtiveram resultados diferentes, porém próximos, através de estudos envolvendo a teoria cinética dos gases.

reprovação e evasão. Alguns conceitos, como os citados acima, continuam sendo mal compreendidos durante o curso universitário, sendo uma das causas desse problema a abordagem dada ao tema. Vale ressaltar que o conteúdo de mol, ou quantidade de matéria, não é o único problemático na compreensão da química geral, mas sim aquele que decidimos nos debruçar sobre.

Nesse sentido, encontramos na literatura diversos trabalhos dedicados aos problemas envolvidos no processo de ensino-aprendizagem do conceito de quantidade de matéria e do mol.

No âmbito internacional, Dierks (1981) afirmou que, após 1953 até a produção de seu trabalho - cerca de três décadas depois - já haviam sido publicados aproximadamente 300 artigos discutindo o conceito de mol e, apesar disso, o problema ainda persistia.

Furió, Azcona e Guisasola, publicaram em 2002, um artigo intitulado "Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustância y mol", em que consideraram mais de uma centena de publicações - nas principais revistas internacionais - que se tratavam da temática quantidade de matéria e mol. A maioria dos trabalhos publicados referiam-se às dificuldades que os docentes enfrentavam ao lecionar tal conteúdo; às dificuldades no aprendizado do conceito quantidade de matéria e da unidade, mol; o conhecimento prévio que o educando devia possuir para compreender tal conhecimento e também à análise do assunto nos livros didáticos.

Em relação aos docentes, percebeu-se uma discrepância entre o que é aceito pela comunidade científica e o pensamento dos professores. Esse desacordo influencia no ensino nos seguintes aspectos:

- a) O conceito de quantidade de matéria não é introduzido na grande maioria dos programas educacionais de química. Nesse sentido, é geralmente identificada a quantidade de matéria como massa ou como número de entidades elementares, ignorando o seu significado atual, como uma quantidade para contar as partículas.
- b) Os termos quantidade de matéria e mol são confundidos com conceitos contidos na teoria atômico-molecular, tais como massa molar, constante de Avogadro...
- c) Dificuldades de sequenciamento dos conteúdos para introduzir o conceito de mol e a inadequação das metodologias de ensino comumente usadas (p. 238).

Já em relação ao estudantes, os autores concluíram:

- a) Os alunos carecem de uma concepção científica do mol.
- b) A grande maioria dos estudantes identificou o mol como uma massa, como um volume ou como um número de entidades elementares.
- c) Os estudantes desconhecem o significado da grandeza "Quantidade de substância", evitando sua utilização e não identificam o mol como sua unidade.
- d) Os alunos confundem frequentemente o nível macroscópico de representação (massa molar) com o microscópico (massa atômica e massa molecular).
- e) Os alunos frequentemente identificam a proporção de moléculas com a proporção de massas e a proporção de massas com a proporção de massas molares (p. 238).

Trabalho realizado posteriormente à publicação de Furió, Azcona e Guisasola, foi o desenvolvido por Abrantes, Vieira e Silva em 2003. As pesquisadoras trabalharam com docentes com vários anos de experiência, com graduandos de licenciatura, além de alunos cursistas do primeiro ano de química na Universidade de Aveiro. A partir de

um questionário, foi possível constatar que muitos docentes apresentavam uma definição inadequada sobre a temática, além de não ter sido observado entre os professores conhecimentos relacionados a origem e evolução do conceito de mol. Em relação aos alunos, as autoras perceberam semelhanças no grau de conhecimento, e nos livros didáticos observaram certa falta de rigor na terminologia empregada em relação aos conceitos em questão.

No Brasil, alguns trabalhos convergem nessa problemática, como a pesquisa realizada por Mól e colaboradores. Ao analisarem livros didáticos de química do Ensino Médio, foi possível observar que em relação à constante de Avogadro, alguns livros a apresentam como sendo um número determinado experimentalmente a partir de um padrão adotado, outras obras tratam da constante de forma errônea e alguns remetem à homenagem feita a Avogadro, sendo assim: “a maioria dos livros falha em fornecer aos alunos uma ideia real de como é feita tal determinação, ficando muitas vezes a ideia de que é um número mágico que surge não se sabe de onde” (MÓL et al, 1996, p. 32).

Na dissertação de mestrado de Rogado (2000), o autor constatou que o conceito de quantidade de matéria e a unidade, mol, apresentavam sérias dificuldades de aprendizagem por parte do aluno, principalmente na distinção entre quantidade de matéria e massa. Em relação aos professores que lecionam tal conteúdo, o autor ainda afirma que a maioria deles desconhece a grandeza quantidade de matéria, utilizando o termo número de mols em seu lugar.

Em relação ao conteúdo nos livros didáticos (LD) brasileiros, Rogado (2000) analisou 38 LD e manuais de professores⁴, observando que nenhuma das obras relacionou o conceito de quantidade de matéria e a unidade - mol a um processo de construção histórica, sendo que apenas um terço apresentava a grandeza quantidade de matéria de forma explícita no texto.

Outro trabalho que corrobora com os resultados encontrados por Rogado (2000), foi realizado por Lourenço e Marcondes (2003), em que os autores verificaram que os alunos das séries iniciais do Ensino Médio, em sua maioria, definem mol como unidade de massa e não de quantidade de matéria.

Em 2006, Soares desenvolveu sua dissertação de mestrado a partir de uma proposta de abordagem histórica do conceito de quantidade de matéria. A pesquisadora aplicou um questionário aos docentes atuantes na Educação Básica e foi possível observar que a maioria não compreende corretamente o tema, sendo que os livros didáticos utilizados não colaboram para um maior entendimento, tendo como consequência na sala de aula a dificuldade de aprendizagem dos alunos. A autora defende que uma abordagem alicerçada na História da Ciência pode contribuir para a compreensão da grandeza quantidade de matéria.

No anseio de colaborar para a compreensão do mol, Colagrande (2008) desenvolveu em sua dissertação de mestrado um jogo didático virtual, que tinha como objetivo principal auxiliar na aprendizagem do mol. Depois de aplicá-lo em sala de aula, a pesquisadora pode perceber que a estratégia utilizada colaborou com a aprendizagem da maioria dos educandos.

Também em 2008, os pesquisadores Silva; Oki; Dotto e Moradillo apresentaram um trabalho no XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) em que mostraram os resultados de uma investigação que objetivava perceber o processo de ensino-aprendizagem do conceito de quantidade de matéria. Esse trabalho fora realizado com estudantes universitários de química e apresentava dois objetivos: 1) facilitar a diferenciação entre os conceitos de quantidade de matéria, mol e

⁴ Sendo 32 livros para o Ensino Médio e seis para o Ensino Superior.

massa; e 2) verificar a influência da história do conceito de quantidade de matéria na sua aprendizagem. Depois de realizada a intervenção em sala de aula, foi possível perceber que houve mudanças substanciais em relação ao conhecimento prévio, sendo que cerca de metade da turma conseguiu diferenciar quantidade de matéria e massa e também quantidade de matéria e mol. Contudo, a associação entre quantidade de matéria e quantidade de entidades elementares de um sistema material, ficou a desejar, bem como a clareza da impropriedade do emprego da expressão número de mols.

No ano de 2013, foi apresentado um trabalho no 33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), em que os autores mostraram os resultados de uma pesquisa realizada no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), em que os bolsistas desenvolveram uma proposta didática experimental, com o objetivo principal de diferenciar a quantidade de matéria de massa. Os pesquisadores concluíram que a abordagem experimental teve ampla receptividade dos alunos, e estes apresentaram uma melhora na compreensão de tais conceitos (ANTLER et al, 2013). No mesmo ano, Silva, Sousa e Oliveira (2013) apresentaram um trabalho no 11º Simpósio Brasileiro de Educação Química (SIMPEQUI) em que mostraram os resultados encontrados em uma pesquisa, na qual os alunos responderam a um questionário, e nele foi possível depreender que a grandeza quantidade de matéria era apenas memorizada pelos educandos, apresentando dificuldade de compreensão de tal conceito.

O que se observa nas salas de aula é que o educando compreende o mol como uma simples unidade, refletindo assim, numa memorização mecânica em detrimento da compreensão dos fenômenos. Essa compreensão da ciência faz com que o aluno tenha uma visão dogmática dela. Segundo Martins (2006), o estudo adequado de episódios históricos permite perceber o processo social, coletivo e gradativo de construção do conhecimento, propiciando formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações.

PERCURSO METODOLÓGICO

Com o objetivo de investigar como os docentes - que lecionam as disciplinas de Química Geral ou Química Fundamental - das universidades federais e estaduais mineiras abordam o objeto do nosso estudo, propusemos um questionário que foi enviado no segundo semestre de 2015. Uma vez que não era possível precisar quais professores lecionavam disciplinas de Química básica, o questionário foi encaminhado aos 270 profissionais dos departamentos de química em que tinham seus e-mails disponibilizados nos sites.

Ao realizar uma busca individual dos currículos dos docentes na Plataforma Lattes foi possível inferir que 85 professores informaram lecionar (durante o ano de 2015) disciplinas como Química Fundamental, Química Geral e Fundamentos de Química, o que corresponde a 31,5% dos professores das universidades mineiras.

Para levantarmos nossos questionamentos optamos por utilizar de um questionário semi-estruturado, seguindo o referencial de Minayo (2004, p. 108), a qual afirma que esta ferramenta “combina perguntas fechadas (ou estruturadas) e abertas, onde o entrevistado tem a possibilidade de discorrer o tema proposto, sem respostas ou condições prefixadas pelo pesquisador”.

Quadro 1: Perguntas do questionário enviado aos Docentes Universitários

Q1	Em suas aulas, você trabalha com os conceitos relacionados a quantidade de matéria e mol? Em qual(is) disciplina(s)? () Não () Sim Qual (is):
Q2	Você julga importante trabalhar com a unidade de medida mol? Por que?
Q3	Com quais conceitos prévios deve o educando estar familiarizado antes de se introduzir a unidade de medida mol?
Q4	Quais são as principais dificuldades manifestadas pelos alunos ao estudarem a temática quantidade de matéria e sua unidade, o mol?
Q5	Os alunos se mostram interessados quando estudam essa temática? Por que você acha que eles apresentam tal comportamento? () Não () Sim
Q6	Em sua prática docente, você encontra alguma dificuldade em trabalhar tais conceitos? () Não () Sim Se sim, qual(is)?
Q7	Você utiliza alguma atividade experimental para abordar a grandeza quantidade de matéria; constante de Avogadro? () Não () Sim Se sim, qual(is)?
Q8	Você poderia discorrer sobre a estratégia de ensino que utiliza, a qual resulta num bom aproveitamento por parte do educando:

A análise dos dados obtidos a partir dos questionários foi realizada com base na Análise de Conteúdo (AC) proposta por Bardin. Bardin (2011) define a Análise de Conteúdo da seguinte maneira:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção [...] destas mensagens (p. 48).

A análise do *corpus* dessa investigação foi realizada de acordo com as seguintes etapas: pré-análise; exploração do material; tratamento dos resultados; inferência e interpretação; dos quais emergiram categorias *a posteriori* (BARDIN, 2011).

Dos questionários enviados, recebemos resposta de 18 docentes, sendo que 16 deles afirmaram na Questão 1 (Q1) que trabalhavam com o conceito de quantidade de matéria e sua unidade, o mol. Este resultado é esperado uma vez que toda a química é permeada pela unidade de medida mol. A partir disso, optamos por analisar os questionários dos professores que afirmaram trabalhar com essa temática.

No presente trabalho iremos discutir as respostas dadas à questão 4 (Q4): “Quais são as principais dificuldades manifestadas pelos alunos ao estudarem a temática quantidade de matéria e sua unidade, o mol?”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Categoria 1: Compreensão do termo e sua utilidade

Essa categoria mostra a percepção dos docentes em relação a dificuldade que os alunos apresentam em compreender os termos quantidade de matéria e mol. As respostas dos investigados mostram que os discentes apresentam problemas em compreender a palavra mol, não relacionando com sua importância na química, como verificamos nos exemplos a seguir:

P4: Dificuldades com a palavra mol, que é estranha para eles e se confunde com o conceito de molécula para alguns.

P8: Correlacionar quantidade de matéria com número de partículas.

P9: Eles têm dificuldade em entender que trata-se apenas de um número que define uma quantidade mais adequada.

P17: Acredito que as maiores dificuldades dos estudantes estão relacionadas com o não entendimento do próprio conceito de quantidade de matéria e a não percepção da utilidade do mesmo.

Como afirmam Silva e Rocha-Filho (1995), em 1971 a palavra mol passou a ter novo significado, passando a ser uma unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza quantidade de matéria. Como em 1900 o conceito de mol criado por Ostwald estava associado à unidade individual de massa, nem sempre as mudanças ocorridas foram incorporadas nos manuais, nos livros didáticos, de forma clara, acarretando numa dificuldade de compreensão do termo e muitas vezes numa correlação errônea, considerando o mol como unidade de massa (LOURENÇO e MARCONDES, 2003). Rogado (2004) ainda assegura que o uso de estratégias de ensino erradas pode dificultar a compreensão do aluno, assim:

Entretanto, é importante realçar que o mol é um conceito inventado pelos cientistas como ajuda aos cálculos de química; as concepções de mol dos estudantes dificilmente poderiam ser consideradas como intuitivas. Assim, o uso de estratégias de ensino inadequadas é apontado como causa de uma instrução insuficiente. Se o ensino resulta em confusão no conceito e também se faz transposições equivocadas do significado da grandeza quantidade de matéria, é muito imaginável que existam incompreensões e erros conceituais na aprendizagem (p. 65).

Acreditamos que um estudo que mostrasse o questionamento dos conceitos atômicos de Dalton, dos estudos dos gases e os debates ocorridos no início do século XIX, conforme apontamos nas páginas 3 e 4 deste estudo, muito auxiliariam para minimizar os problemas apontados por P4, P9 e P17.

Categoria 2: Pensamento abstrato

Por depender de um pensamento abstrato por parte dos educandos, muitos apresentam certa dificuldade de aprendizagem do conceito de quantidade de matéria. Sendo a química uma ciência que estuda a composição da matéria, bem como suas propriedades e transformações, é necessário que o aluno compreenda essa ciência do ponto de vista macroscópico, submicroscópico e simbólico. Nas respostas dos professores podemos verificar tal dificuldade:

P2: Penso que a principal dificuldade é o conceito de massa atômica, como uma grandeza relativa e adimensional. Outro ponto é a escolha em 1959 do isótopo ^{12}C como referência. Entretanto, se o conceito é introduzido com essas duas definições, não há problema em estabelecer o conceito.

P15: Abstrair uma unidade tão pequena é difícil. Quando se fala em reação química, por exemplo, é comum o aluno imaginar que no meio reacional só existe uma molécula de cada reagente, ele tem dificuldade de imaginar que no meio existem milhões de moléculas reagindo simultaneamente.

P18: Ilustrar números grandes demais (número de Avogadro), ou pequenos demais (Massa atômica).

Johnstone (2000) defende que a maior parte da dificuldade de aprendizagem da química pelo estudante se deve ao fato de o ensino e aprendizagem dar-se quase exclusivamente apenas nos níveis macroscópico e simbólico, negligenciando o submicroscópico. Com isso, o aluno simplesmente decora um número e o aplica nos exercícios, não entendendo sua real aplicação na química.

Novamente inferimos que, o estudo dos gases, que permeia os trabalhos dos cientistas aqui apontados, poderia fornecer ao educando uma visão de que o meio reacional não é formado por moléculas unitárias, ou isoladas, e sim por grande quantidade delas, conforme nos mostram os debates entre os estudiosos dos gases. Conhecimento fundamental para suprir as questões colocadas pelos professores pesquisados, em especial, P15.

Categoria 3: Dificuldade com os cálculos

Os professores mostraram que muitos de seus alunos apresentam dificuldades com os cálculos que envolvem o mol. Sabemos que a maioria dos alunos encontram certa dificuldade com cálculos matemáticos e que isso pode ser um fator de desestímulo para a aprendizagem dos conteúdos, uma vez que não conseguem realizar contas simples, como evidenciado nos fragmentos a seguir:

P4: Dificuldades com proporção e com as contas.

P10: Matemática! Pura e simplesmente [...].

P11: Dificuldades em conseguir converter massa da substância em gramas em quantidade de matéria, dificuldades em perceber que qualquer elemento químico na tabela periódica tem o mesmo número de átomos por quantidade de matéria.

Essa dificuldade em converter unidades pode ser causada pela não compreensão das grandezas e a sua conseqüente utilização errada. Como confirmam os trabalhos de Rocha-Filho e Silva (1995) e de Rogado (2000), é muito comum definir o mol como massa atômica ou molecular expressa em gramas.

CONCLUSÕES

Com a análise das respostas dadas à questão 4 (Q4), podemos perceber que a grandeza quantidade de matéria e sua unidade, mol, é pouco compreendida por alunos que cursam disciplinas iniciais da química na graduação. Essa constatação nos mostra que a dificuldade de aprendizagem não é sanada no ensino médio, quando o educando é colocado à frente de tal assunto pela primeira vez.

A falta de compreensão do que seja quantidade de matéria e a simples memorização de um valor para o mol, nos indica que os estudantes carecem de uma aprendizagem contextualizada, como o professor P10 afirma que percebe “[...] que os professores enfatizam sobremaneira os aspectos matemáticos quando trabalham este conteúdo. Pouco ou nada é explorado do significado químico ou das suas aplicações para compreender outros assuntos”.

Por tudo isso, acreditamos que as dificuldades apresentadas pelos educandos na aprendizagem de tal temática, pode ser minimizada se a História da Ciência for envolvida no processo de aprendizagem.

Conforme mostramos nesse trabalho, a compreensão da construção histórica da quantidade de matéria pode auxiliar não só na assimilação do conceito mas, também, no estudo do comportamento dos gases, bem como na presença de enorme quantidade de moléculas ou átomos necessários para a ocorrência de uma reação.

AGRADECIMENTOS

A Fapemig pelo apoio financeiro, e pela bolsa de Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, A. F. P.; VIEIRA, C. S. G.; SILVA, M. F. P. Estudo sobre "Quantidade de substância" e Mole. **Boletim Sociedade Portuguesa de Química**, Portugal, n. 12, p. 65-68, out, 1982.

ANTLER, M, et al. "Conhecendo o Mol": uma proposta didática para o Ensino de Química. In: 33 EDEQ – Movimentos Curriculares da Educação Química, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/epeq/article/view/2670/2248>. Acessado em: 09 jan. 2016.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Portugal: Instituto Piaget, 1992.

CAMEL, T. O.; KOEHLER, C.; FILGUEIRAS, C. L. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. **Quim. Nova**, v. 32, n. 2, p. 543-553, 2009.

CASTRO R. S.; CARVALHO, A. M. P. História da Ciência: como usá-la num curso de segundo grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 225-237, 1992.

CHAGAS, A. P. Os noventa anos de Les Atomes. **QNEsc**, n. 17, p. 36-38, 2011.

COLAGRANDE, E. A. **Desenvolvimento de um jogo didático virtual para o aprendizado do conceito de mol**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Química - Dep. De Bioquímica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

DIERKS, W. Teaching the mole. **European Journal of Science Education**. v. 3. n. 2, p. 145-148, 1981.

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

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.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la história de las ciencias em enseñanza de Las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 291-296, 1998.

JENSEN, W. B. How and When Did Avogadro's Name Become Associated with Avogadro's Number? **J. Chem. Educ.**, p. 48-49, 2007.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. **The School Science Review**, p. 64-377, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

LOURENÇO, I. M. B.; MARCONDES, M. E. R. Um plano de ensino para mol. **QNEsc**, n. 18, p. 22-25, 2003.

MAAR, J. H. **História da Química**. Florianópolis: Papa-Livro, 2011.

MATTHEWS, M. R. História, filosofía y enseñanza de las ciências: La aproximación actual. **Enseñanza de las Ciências**, p. 255-277, 1994.

MATTHEWS, M. R. In defense of modest goals when teaching about the nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, p. 161-174, 1998.

MARTINS, R. de A. A História das Ciências e seus usos na educação. In: **Estudos de História e Filosofia das Ciências**. SILVA, C. C. (Org.). São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

MÓL, G. de S.; FERREIRA, G. A. L.; SILVA, R. R. da; LARANJA. H. F. Constante de Avogadro. **QNEsc**, n. 3, p. 32-33, 1996.

MORTIMER, E. F. e MIRANDA, L. C. Transformações – concepções de estudantes sobre reações químicas. **QNEsc**, n.2, p. 23-26, nov, 1995.

OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Quim. Nova**, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.

PERRIN, J. **Les Atomes**. 1. ed. Paris: Alcan, 1913.

ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto: da relevância da História da Ciência no ensino de Física. **Caderno Catarinense de Física**, n. 5, p. 7-22, 1988.

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

ROGADO, J. **Quantidade de matéria e mol**; concepções de ensino e aprendizagem. Piracicaba, 2000. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2000.

ROSA, C. A. P. **História da ciência: o pensamento científico e a ciência no século XIX**. 2. Ed. Brasília: FUNAG, 2012.

SILVA, J. L. P. B.; OKI, M. V. M.; DOTTO, R. R.; MORADILLO, E. F. **Ensino-Aprendizagem do conceito quantidade de matéria**. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA. Curitiba/PR, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0298-2.pdf>. Acessado em: 09 jan. 2016.

SILVA, C.F.; SOUSA, P.A.A.; OLIVEIRA, L.B. A quantidade de matéria: Uma questão além do conceito. In: 11º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA. **Anais...** Teresina/PI, 2013, p. 25-30.

SOARES, M. A. C. P. **A grandeza “quantidade de matéria” e sua unidade “mol”**: Uma Proposta de Abordagem Histórica no Processo de Ensino-Aprendizagem. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.