**REDEQUIM**

Revista Debates em Ensino de Química

## ENSINO E APRENDIZAGEM DA GRANDEZA QUANTIDADE DE MATÉRIA E SUA UNIDADE, MOL: CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES DAS UNIVERSIDADES DE MINAS GERAIS

Sandra de Oliveira Franco Patrocínio<sup>1</sup>, Ivoni de Freitas Reis<sup>1</sup>

(sandraquimica3@yahoo.com.br)

1. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

04

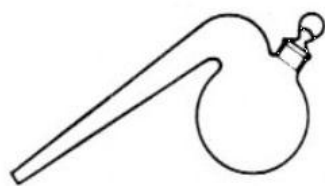
### RESUMO

O presente artigo tem por objetivo apresentar os resultados de uma investigação realizada com professores de química das universidades do estado de Minas Gerais, Brasil. Nessa pesquisa, indagamos os docentes sobre como é abordada a temática Quantidade de matéria e sua unidade, mol, nas disciplinas que lecionam. Para isto, enviamos um questionário via e-mail para que fosse respondido pelos docentes. Os resultados nos mostram que na visão dos docentes, a grandeza Quantidade de matéria e sua unidade, o mol, é pouco compreendida por alunos que cursam disciplinas iniciais da química na graduação e que os professores não utilizam nenhuma estratégia didática diferenciada, além do emprego das analogias. Acreditamos que os estudantes carecem de uma aprendizagem contextualizada, e que esta pode ser realizada a partir da construção histórica da Quantidade de matéria.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Quantidade de matéria, mol, Ensino de Química.*

Sandra de Oliveira Franco Patrocínio: Licenciada em Química, Mestre em Educação Química pela UFJF, Doutoranda do PPGQ - Educação Química - UFJF. Professora nas Instituições Faculdade do Sudeste Mineiro - FACSUM e Faculdade Juiz de Fora - FJF.  
Ivoni de Freitas Reis: Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF.





**REDEQUIM**

Revista Debates em Ensino de Química

## TEACHING AND LEARNING OF GREATNESS QUANTITY OF MATTER AND ITS UNIT, MOL: CONCEPTIONS OF TEACHERS OF THE UNIVERSITIES OF MINAS GERAIS

### ABSTRACT

The present article aims to present the results of an investigation carried out with professors of chemistry of the universities of the state of Minas Gerais, Brazil. In this research, we asked the teachers about how the subject matter and its unit, mole, are approached in the subjects they teach. For this, we sent a questionnaire via email to be answered by the teachers. The results show that in the view of the teachers, the quantity Quantity of matter and its unit, the mole, is little understood by students who study initial subjects of chemistry in the graduation and that the teachers do not use any differentiated didactic strategy, besides the use of the analogies. We believe that students need contextualized learning, and that this can be done from the historical construction of the Quantity of Matter.

**KEYWORDS:** *Matter Quantity, mol, Chemistry Teaching.*



## 1 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 (ROCHA-FILHO e SILVA, 1995, p. 12). Mesmo sendo necessário um certo nível de abstração, a princípio sua definição parece compreensível, mas diversas pesquisas publicadas sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de quantidade de matéria e do mol, têm apontado vários problemas envolvidos no processo.

No âmbito internacional, Furió et al (2002), realizaram uma revisão de literatura na qual consideraram mais de uma centena de publicações que tratavam da temática quantidade de matéria e mol. A maioria dos trabalhos publicados e analisados pelos pesquisadores, referia-se às dificuldades que os docentes enfrentavam ao lecionar tal tema; às dificuldades no aprendizado do conceito quantidade de matéria e da unidade, mol; ao conhecimento prévio que o educando devia possuir para compreender tal temática e também à análise do assunto nos livros didáticos.

Esses estudos detectaram uma discrepância entre o que é aceito pela comunidade científica e o pensamento dos professores. Nesse sentido, os autores consideraram que esse desacordo afeta o ensino desse tema, sendo que muitas vezes os docentes não introduzem o conceito explicitamente em suas aulas; os termos quantidade de matéria e mol são confundidos com conceitos contidos na teoria atômico-molecular, tais como massa molar e constante de Avogadro. Constataram também, que quando a temática é introduzida nas aulas, ocorre uma dificuldade de sequenciamento dos conteúdos para inserir o conceito de mol e que as metodologias de ensino comumente utilizadas são inadequadas.

Já em relação aos estudantes, os autores concluíram que a maioria dos alunos carecem de uma concepção científica do mol, sendo que a maioria deles identificou o mol como massa ou volume ou como um número de entidades elementares. Afirmaram também, que os estudantes desconhecem o significado do mol, evitando sua utilização e não o identificam como unidade da grandeza quantidade de matéria.

No Brasil, diversos trabalhos mostram o mesmo panorama das investigações da esfera internacional. A partir dos resultados dessas pesquisas, podemos perceber que em muitas aulas não há discussões acerca da temática quantidade de matéria. E quando esta é trabalhada, fica apenas no nível da memorização mecânica em detrimento da compreensão dos fenômenos (MÓL et al, 1996; LOURENÇO E MARCONDES, 2003; SOARES, 2006).

Percebemos que os conceitos relacionados à quantidade de matéria, constante de Avogadro e a unidade mol, são inseridos no ensino básico de maneira direta com o objetivo, geralmente, que o aluno seja capaz de realizar os cálculos solicitados para a solução de problemas, estequiométricos ou equivalentes (FURIÓ et al, 1999; 2002).

O professor que atua nas universidades apresenta uma peculiaridade especial, uma vez que contribui com a formação de futuros profissionais. Vários desses graduandos de licenciatura em química irão trabalhar como professores na educação básica, seja na rede pública ou na rede particular de ensino e a formação recebida na universidade será seu suporte para atuar em sala de aula. Com isso, muitas das dificuldades apresentadas e não sanadas durante a graduação do futuro professor poderão se manifestar durante sua atuação profissional.

O processo formativo do licenciando é caracterizado pela formação pedagógica, que o conduzirá ao exercício profissional da docência e pela sua formação específica, em química. Nesse sentido, ambas deverão dar suporte à prática do professor, que aliará seu conhecimento pedagógico ao conhecimento científico que deverá lecionar. Quando esses dois aspectos não são contemplados ocorre uma dificuldade no ensino do tema por parte do professor e conseqüentemente de sua aprendizagem pelo aluno.

O objetivo deste artigo é identificar as concepções dos professores universitários de Minas Gerais sobre o ensino e a aprendizagem da temática quantidade de matéria e sua unidade, o mol.

### **1.1 História da Ciência, contextualização do conceito de Quantidade de Matéria**

No início do século XIX, John Dalton (1766-1844), defensor das ideias atomistas, publicou em 1808 A New System of Chemical Philosophy em que

apresentou uma teoria em que a matéria era constituída por átomos. Assim, preocupou-se em criar um sistema de símbolos que, além de representar os elementos, indicava também seus pesos atômicos (ROSA, 2012, p. 184). Em seguida, Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) apresentou, 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* (1809), 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 estudou os resultados de Gay-Lussac, a partir das concepções de Dalton, que relacionavam o volume dos gases e os números de moléculas nele contidas, em uma mesma condição de temperatura e pressão (OKI, 2009, p. 1074). 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 a constituição molecular dos gases. Ele afirmou:

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 em volumes iguais, ou é sempre proporcional aos volumes (AVOGADRO, 1811, p. 72)<sup>1</sup>.

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

Vamos supor que as moléculas constituintes de qualquer gás simples não sejam formadas por uma molécula elementar, mas sejam constituídas por um certo número dessas moléculas elementares, unidas por atração para formar uma molécula única. E mais, suponhamos também que, quando moléculas destas substâncias se combinam com moléculas de outra, para formar a molécula de um composto, a molécula integral que deveria se formar se quebre em duas ou mais partes (AVOGADRO, 1811, p. 73)<sup>2</sup>.

As hipóteses de Avogadro foram ignoradas ou rejeitadas pela maioria dos químicos até a década de 1860. Apesar das hipóteses fornecerem subsídios

---

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, 2009, p. 1802).

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 eletrostática 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 (OKI, 2009, p. 1075).

Camel et al (2009) afirmam que até a metade do século XIX havia uma grande confusão em relação a terminologia e a notação empregada na química. Na busca por chegar a um acordo sobre essa problemática, foi proposto no ano de 1860 um congresso em Karlsruhe, na Alemanha. Assim, em uma circular, Friedrich August Kekulé (1829-1896) e Charles Adolphe Würtz (1817-1884), mostravam-se inclinados a por um fim nas “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).

Esse congresso - que reuniu cento e quarenta químicos - contou com a participação de Stanislao Cannizzaro (1826-1910) que redescobriu as ideias de Avogadro a respeito das moléculas diatômicas. Compilou uma tabela de massas atômicas e a apresentou na conferência de Karlsruhe. Cannizzaro mostrou que as ideias de Avogadro permitiram não só a determinação das massas atômicas das moléculas, mas também indiretamente a massa dos átomos que as formavam. Assim, Cannizzaro trouxe um forte elemento para este conflito de décadas a respeito das massas atômicas e fórmulas moleculares, e Avogadro foi saudado como um dos fundadores da teoria atômica (OKI, 2009, p. 1075).

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” (OSTWALD, 1900, p. 163, apud FURIÓ et al., 1999, p. 361). Somente em 1971, o mol passou a ter o significado atual com sua padronização no Sistema Internacional de Unidades (SI). Anteriormente, essa grandeza era mencionada 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, já a definição atual deixa claro que o mol “não se refere à grandeza massa, mas é a unidade de medida da grandeza quantidade de matéria” (ROCHA-FILHO e SILVA, 1995, p. 13).

Em relação à hipótese de Avogadro, Joseph Loschmidt (1821-1895), Rudolf Clausius (1822-1888) e Johannes Diderick van der Waals<sup>3</sup> (1837-1923), já haviam proposto valores para essa grandeza, mas coube ao 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*. Nesta publicação Perrin fez a seguinte sugestão: “Este número N invariante é uma constante universal, que pode, com justificativa, ser chamada constante de Avogadro” (PERRIN, 1909, p. 73).

Mais tarde, em 1913, Perrin publicou a obra *Les Atomes*, em que tratou de diversos temas relacionados à teoria atômica. Construiu uma tabela com os resultados para a determinação da constante de Avogadro obtida 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 contribuiu para o encerramento da controvérsia envolvendo o atomismo no século XIX. Em reconhecimento aos trabalhos de Perrin, no ano de 1926, o cientista recebeu o prêmio Nobel de Física (CHAGAS, 2011, p. 38).

Acreditamos que se o educando ficar a par das discussões relacionadas ao tema, desde o desenvolvimento do conceito de átomo, molécula e elemento, que permeiam os estudos de Lavoisier, as dificuldades relacionadas à concepção de átomo e volume atômico encontradas por Dalton, Gay-Lussac e Avogadro, bem como várias modificações na definição de mol, desde a proposta de Ostwald, sua definição numérica e denominação de constante de Avogadro por Perrin. Sendo assim, o aluno poderá envolver-se no tema de forma que possa realmente entendê-lo e não apenas decorar as fórmulas e as constantes, que provavelmente serão bem melhor compreendidas.

---

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



## 2 METODOLOGIA

Com o objetivo de investigar como os docentes – que lecionam as disciplinas de Química Geral ou Química Fundamental – das Universidades Federais e Estaduais do estado de Minas Gerais<sup>4</sup> –abordam o objeto do nosso estudo, propusemos um questionário que foi enviado no segundo semestre de 2015 e, posteriormente em uma segunda tentativa, no primeiro semestre de 2016. O questionário foi encaminhado aos 270 profissionais dos Departamentos de Química que tinham seus e-mails disponibilizados nos sites. Ao realizar uma busca individual dos currículos dos 270 docentes na Plataforma Lattes foi possível inferir que 85 desses professores informaram lecionar (durante o ano de 2015) disciplinas como Química Fundamental, Química Geral e Fundamentos de Química, o que corresponde a 31,5% de todos os professores de Química das universidades mineiras.

Até o final do primeiro semestre de 2016, tivemos retorno de 25 professores e seus respectivos questionários, sendo eles de oito universidades distintas<sup>5</sup>. A quantidade de questionários é pequena frente ao número de docentes que estão lecionando nas universidades mineiras, mas acreditamos que é possível ter um panorama geral sobre nossa temática através desses questionários. Tal dificuldade também foi enfrentada por Rogado (2000) que em sua pesquisa de Mestrado, concluiu que os professores investigados por ele apresentavam certa indisposição em ao falar sobre o tema ou discuti-lo.

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”. No Quadro 1, mostramos as perguntas do questionário:

---

4. Universidade Federal de Uberlândia; Universidade Federal do Triângulo Mineiro; Universidade Federal de Alfenas; Universidade Federal de Itajubá; Universidade Federal de Lavras; Universidade Federal de Juiz de Fora; Universidade Federal de São João del Rei; Universidade Federal de Viçosa; Universidade Federal de Ouro Preto; Universidade Federal de Minas Gerais; Universidade Estadual de Minas Gerais; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Universidade Estadual de Montes Claros.

5. Número de questionários respondidos por universidade: Unifei (1); UFSJ (1); UFTM (1); UFU (2); UFOP (3); UFMG (3); UFV (6); UJFJ (8).



Quadro 01: Perguntas do questionário

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

**Fonte: Própria**

A análise dos dados obtidos a partir dos questionários foi realizada com base na Análise de Conteúdo (AC) proposta por Bardin. A autora 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 (BARDIN, 2001, 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).

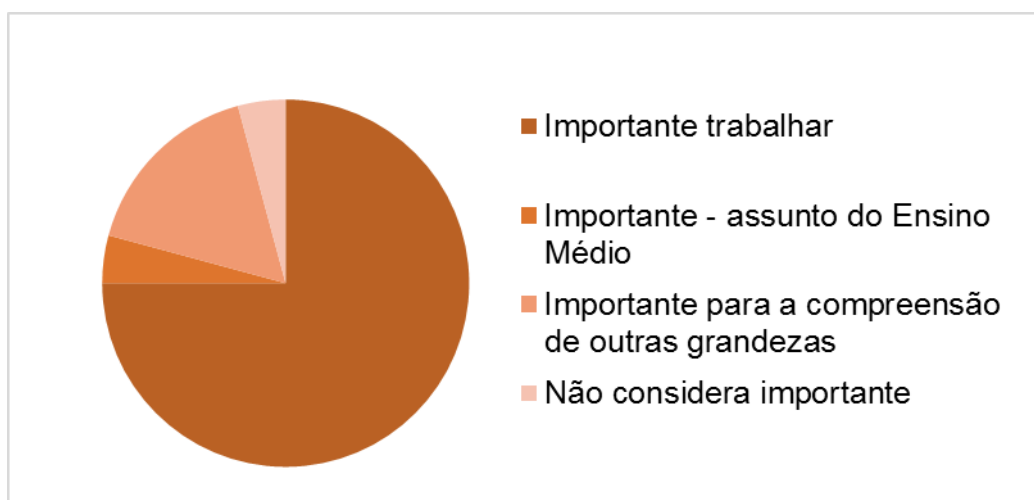
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a questão 1, em que foi indagado aos docentes se eles abordavam em suas aulas os conceitos relacionados à quantidade de matéria e mol, a maioria deles, 88% afirma abordar este assunto em suas aulas e em diferentes disciplinas. Entretanto, 12% respondeu não trabalhar a temática, principalmente por estar ministrando disciplinas relacionadas à educação química.

Seria esperado que a maioria dos docentes trabalhasse com o conceito de quantidade de matéria uma vez que toda a química é permeada por esta grandeza e pela unidade de medida mol. Outra questão que merece uma reflexão, diz respeito aos docentes que afirmaram não abordar tal conceito nas disciplinas de educação em química, tais como: Instrumentação para o ensino de Química; Introdução à pesquisa no ensino de Química, etc. Acreditamos que essa temática é de tão pouco entendimento por parte dos alunos, que talvez sua abordagem em disciplinas de educação em química que tem como foco instrumentalizar os discentes para a prática docente, e que abordam conteúdos que a literatura aponta como problemáticos, pudesse gerar oportunidades de reflexão e amadurecimento dos futuros professores.

Em relação à questão 2, que se referia à importância de trabalhar o conceito de quantidade de matéria, agrupamos as respostas em algumas categorias, sendo elas:

**Figura 01: Categorias da Questão 2**



Fonte: Própria

Categoria 1: Julga importante trabalhar o conceito por ser uma unidade química:

A maioria dos docentes participantes da pesquisa (76%), acha importante trabalhar tal conhecimento químico. Como pode-se perceber pelas respostas:

Sem dúvida. Considerar que o conceito de mol, muito além de ser uma das 7 unidades fundamentais do Sistema Métrico ou SI de unidades, é a ‘pedra angular’ ou alicerce, fundação de toda a Ciência Química, Cinética, Equilíbrio [...]. Impossível avançar ou aprofundar na Química, se o aluno não estiver seguro sobre o sentido e significado no mol (P21).

Sim. É a unidade básica do Sistema Internacional mais voltada para os químicos. Só nisso pesa uma grande importância no seu conhecimento. A aplicação deste conhecimento nos diversos ramos da química, tanto teóricos quanto práticos fazem do tema um dos mais importantes para se construir uma base sólida no conhecimento de Química (P22).

Sim. Primeiro por ser uma unidade do SI, que representa uma grandeza, o que exige que os futuros profissionais da química compreendam seu significado, diferenciando-a de outras grandezas do SI e suas respectivas unidades, especialmente a relação com a grandeza kg. Mas, principalmente por permitir relacionar a massa de algum tipo de “espécie” química com o número de entidades que a compõe. Assim, tem a potencialidade de facilitar a compreensão de uma das questões mais importantes do conhecimento químico, ou seja, a relação entre o mundo macroscópico e o microscópico (P25).

Categoria 2: Julga importante, mas considera que deve ser ensinado no ensino médio

Nesta categoria, agrupamos 4,1% dos professores, pois estes sujeitos consideram que a temática quantidade de matéria deveria ser melhor trabalhada na educação básica. Como um dos professores que afirma que “é uma unidade essencial para falar de química. Gostaria que os alunos já viessem do ensino médio com o conceito, mas como nem sempre isso acontece, acabo tendo que trabalhar isto de alguma forma” (P20).

Como podemos perceber na discussão acima realizada, a grandeza em questão é trabalhada em salas de aula da educação básica, mas muitas vezes o objetivo de ensinar esse tema não é contemplado em sua totalidade. Tratando dessa temática, Romeu Rocha-Filho e Roberto Ribeiro Silva (1995)

afirmam que o ensino de química na educação básica ainda é um desafio para muitos dos professores atuantes, sendo que muitos deles não conseguem atingir os objetivos propostos, o que acarreta uma memorização da grandeza em detrimento da compreensão da natureza do conhecimento.

Categoria 3: Importante para a compreensão de outras grandezas físicas

16% dos docentes consideram importante a compreensão da grandeza quantidade de matéria para que o educando assimile outras grandezas físicas. Como podemos perceber:

Essa unidade expressa a quantidade de matéria em termos de número de espécies e não apenas massa. É, portanto, essencial para entender as relações entre grandezas físicas e a quantidade de matéria (P13).

Sim, pois a quantidade relacionada ao mol permite que a matéria seja quantificada em valores de massa (gramas) mais palpáveis ao de costume (P9).

Categoria 4: Não considera importante

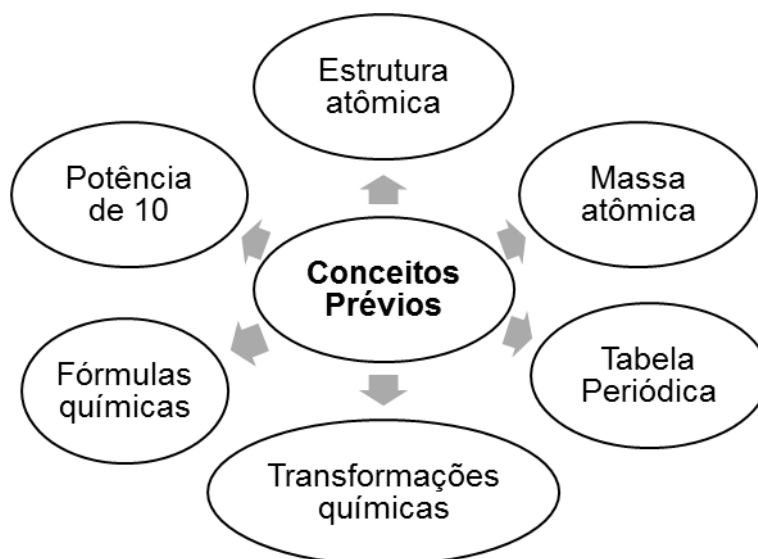
Pelas respostas dadas a essa questão, 3,9% dos professores consideram que não seja importante trabalhar com essa temática, como o professor P10 que argumentou:

Sinceramente, não. Acredito que há outros assuntos mais relevantes para serem desenvolvidos em sala de aula. Oriento os alunos a darem menor ênfase aos aspectos matemáticos, valorizando mais os fenômenos, os conceitos e as representações (P10).

Pela resposta do docente, percebemos que ele entende o mol simplesmente pelo aspecto matemático – nível representacional – não dedicando tempo para o desenvolvimento do pensamento no nível atômico-molecular, com isso o movimento de compreensão entre o nível macroscópico e o microscópico ficam prejudicados.

Ao serem indagados sobre quais conceitos prévios o estudante deve estar familiarizado para compreender a grandeza quantidade de matéria (Q3), surgiram uma gama de conceitos, tais como:

Figura 02: Conceitos citados



**Fonte: Própria**

Podemos perceber que todos os conceitos prévios destacados pelos docentes, exceto a potência de 10, relacionam-se com conhecimentos da química. Sendo assim, percebemos a necessidade de aprimorar estratégias de ensino que se atentem aos conceitos da química, mostrando a relação entre eles, uma vez que para o aluno compreender a temática do mol ele depende de tantos outros conceitos.

Na questão 4, que tinha como objetivo compreender a visão dos docentes em relação às principais dificuldades manifestadas pelos alunos ao estudarem a temática, 16% não responderam à questão, sendo que a partir das demais respostas, foi possível agrupá-las nas seguintes categorias:

Categoria 1: Compreensão do termo e sua utilidade

Das respostas, 24% dos investigados mostraram que os discentes apresentam problemas em compreender a palavra mol, não relacionando com sua importância na química, como verificamos nos exemplos a seguir:

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

Correlacionar quantidade de matéria com número de partículas (P8).

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

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 (P17).

Como afirmam Rocha-Filho e Silva (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 uma dificuldade de compreensão do termo e muitas vezes uma correlação errônea, considerando o mol como unidade de massa (LOURENÇO e MARCONDES, 2003, p. 22). Rogado ainda assegura que o uso de estratégias de ensino erradas pode dificultar a compreensão do aluno. Em suas palavras:

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 (ROGADO, 2004, p. 65).

#### 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 de 28% dos professores pudemos verificar tal dificuldade:

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  $^{12}\text{C}$  como referência. Entretanto, se o conceito é introduzido com essas duas definições, não há problema em estabelecer o conceito (P2).

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 (P15).

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

### Categoria 3: Dificuldade com os cálculos

20% dos 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:

Dificuldades com proporção e com as contas (P4).

Matemática! Pura e simplesmente (P10).

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 (P11).

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

### Categoria 4: Relação com outros conteúdos da química

Nessa categoria pudemos perceber que os docentes (12%) acreditam que a grandeza quantidade de matéria por si só não é um problema. O problema surge quando esse conceito é necessário para a aprendizagem de outros conteúdos da química como, por exemplo, as relações estequiométricas. Mortimer e Miranda (1995, p. 24), afirmam que “a dificuldade em perceber que as mudanças observadas nas transformações químicas são consequências de rearranjo dos átomos leva estudantes a não usarem o raciocínio de conservação de massa”, sendo este um aspecto importante para a compreensão das relações estequiométricas das reações. Os professores P5 e P7 comentam tal dificuldade enfrentada pelos alunos:

Compreenderem as relações estequiométricas que são estabelecidas nas transformações químicas (P5).



Me parece que o conceito de mol e quantidade de matéria são facilmente assimilados. A transposição desse conceito para a estequiometria que me parece complicado (P7).

Pelos comentários dos professores percebemos que o docente simplifica sobremaneira a temática, distanciando-se do aluno. Nas falas, transparece que o conceito é de fácil entendimento e somente o aluno que não consegue enxergar, minimizando dessa forma, a dificuldade que é tão comum dos alunos para compreenderem a química.

Na questão 5, que tratava do interesse do estudante pelo assunto, a maioria (64%) respondeu que seus alunos não se mostram interessados pelo assunto, 20% afirmou que seus estudantes se interessam pela temática e o restante (16%) não respondeu. Nesse sentido, é importante que nós professores estejamos sempre engajados em buscar novas abordagens na tentativa de aumentar o número de alunos que se interessem por estudar essa temática.

Em relação à dificuldade para trabalhar a temática (Q6), 52% respondeu não apresentar dificuldade, 32% afirmou apresentar dificuldade, enquanto 16% não respondeu.

Ao responderem se empregam alguma atividade experimental para trabalhar a unidade mol (Q7), 72% respondeu que não e 28% afirmou que sim. A partir das respostas, podemos perceber que os docentes que afirmaram utilizar atividades experimentais, discorreram sobre atividades experimentais que tinham outro objetivo central – titulação, reações ácido-base, cálculos estequiométricos, etc; mas que em algum momento seria necessário o cálculo da quantidade de matéria de alguma substância. Outros mencionaram que o objetivo central da atividade experimental era determinar a constante de Avogadro a partir da eletrólise da água.

Sobre as estratégias de ensino utilizadas pelos professores (Q8), 28% não respondeu à questão e a partir das repostas dos demais docentes, foi possível agrupá-las nas seguintes categorias:

Categoria 1: Utilizam-se de explicações teóricas sobre o tema:

32% dos professores afirma utilizar a explicação teórica da temática, empregando principalmente, data-show para ilustrações, discussão a partir do exposto no quadro e resolução de exercícios.

Categoria 2: Utilizam-se de analogias:

Dos docentes que responderam à questão, 20% afirma empregar analogias para trabalhar o mol. Analogia com a dúzia, centena, dezena, são as mais citadas, reprodução comum das analogias encontradas nos livros didáticos.

Adicionalmente, um dos docentes afirmou:

Um exemplo que costumo abordar é “contar” em “moles” o número de estrelas no assim chamado “Universo Visível”. Disse-me um professor, colega que é Astrofísico, que estima-se que existam 100 Bilhões de galáxias na parte visível do Universo, e em cada galáxia, 100 Bilhões de estrelas. Peço aos alunos que estimem o número de moles de estrelas no Universo visível. Isto dá a eles uma noção da magnitude de um número como  $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  (P21).

Categoria 3: Outras estratégias:

20% afirma que aborda a temática a partir de outras estratégias. O P3 afirmou utilizar mapas conceituais, mas não explicou como realiza tal atividade; os demais afirmaram procurar aproximar o tema da realidade vivida pelo aluno, assim:

Nas minhas disciplinas o que facilita o entendimento são a utilização de exemplos aplicados que utilizam os conceitos estudados. Desta forma, o educando não fica apenas com conceitos teóricos mas vislumbra uma aplicação para os temas abordados (P14).

A estratégia que utilizo busca envolver os estudantes com a proposta de ensino, de forma a ser possível construir no grupo o conhecimento de forma interativa e dialógica. Para isso, tento provocar os estudantes com dúvidas e questões polêmicas, além de abordar situações contextuais que os ajudem a pensar nos conceitos abordados de forma significativa. Isso pode diminuir o grau de abstração do conteúdo, tornando-o mais inteligível aos estudantes (P5).

Ao licenciando, apresentar as limitações e confusões em torno do uso da unidade e o significado da grandeza, quantidade de matéria, visando identificar uma possível visão alternativa. Em seguida, apresentar argumentos contemporâneos baseados na

literatura da área de ensino para permitir subsidiar uma nova interpretação (P25).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo discutido acima, podemos inferir que os docentes das universidades de Minas Gerais enfrentam problemas quando abordam a temática quantidade de matéria. Embora não tenhamos entrevistado os graduandos em química, na visão dos professores, seus alunos apresentam baixa compreensão do que seja essa grandeza e a simples memorização de um valor para o mol; não compreensão da diferença entre massa molar, peso e quantidade de matéria, como apontado também pela literatura nos trabalhos de Furió e col. (1999; 2002).

Com a análise das respostas, podemos perceber que os professores acreditam que a temática é pouco compreendida por alunos que cursam disciplinas iniciais da química na graduação.

Percebemos também, que não é utilizada por parte dos docentes nenhuma estratégia diferenciada ao abordar essa temática além do uso de analogias amplamente empregadas nos livros didáticos. A discussão desse assunto ocorre com mais detalhes somente na aula experimental para determinação da constante de Avogadro por eletrólise da água. Não percebemos também, nenhuma abordagem que levasse em conta as contribuições da história da ciência para o ensino.

#### REFERÊNCIAS

- AVOGADRO, A. Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons, *Journal de Physique* 73: 58-76, 1811.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BENSAUDE-VINCENT, B. & STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.
- CAMEL, T. O.; KOEHLER, C.; FILGUEIRAS, C. L. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. *Química Nova* 32 (2): 543-553, 2009.
- CHAGAS, A. P. Os noventa anos de Les Atomes. *Química Nova na Escola* 17: 36-38, 2011.
- 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* 20 (2): 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* 17 (3): 359-376, 1999.
- LOURENÇO, I. M. B. & MARCONDES, M. E. R. Um plano de ensino para mol. *Química Nova na Escola* 18: 22-25, 2003.

- MÓL, G. S.; FERREIRA, G. A. L.; SILVA, R. R.; LARANJA, H. F. Constante de Avogadro. *Química Nova na Escola* 3: 32-33, 1996.
- MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2004.
- MORTIMER, E. F. & MIRANDA, L. C. Transformações - concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola* 2: 23-26, 1995.
- OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. *Química Nova* 32 (4): 1072-1082, 2009.
- PERRIN, J. Les atomes. Paris: Alcan, 1913.
- PERRIN, J. Mouvement brownien et réalité moléculaire. *Annales de Chimie et de Physique* 18: 1-114, 1909.
- ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. Mol: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola* 1: 12-14, 1995.
- ROGADO, J. Quantidade de matéria e mol; concepções de ensino e aprendizagem. Dissertação (Mestrado), Universidade Metodista de Piracicaba: Piracicaba, 2000.
- ROGADO, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação* 10 (1): 63-73, 2004.
- ROSA, C. A. P. História da ciência: o pensamento científico e a ciência no século XIX. Brasília: FUNAG, 2012.
- SOARES, M. A. C. P. A grandeza “quantidade de matéria” e sua unidade “mol”: Uma Proposta de Abordagem Histórica no Processo de Ensino-Aprendizagem. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá: Maringá, 2006.