

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA  
DOUTORADO EM QUÍMICA**

**Sandra de Oliveira Franco Patrocínio**

**Contribuições da História da Ciência para a ressignificação do conceito de Quantidade  
de Matéria e sua unidade de medida, mol**

**Juiz de Fora  
2018**

**Sandra de Oliveira Franco Patrocínio**

**Contribuições da História da Ciência para a ressignificação do conceito de Quantidade de Matéria e sua unidade de medida, mol**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutora em Química.

ORIENTADORA: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ivoni de Freitas Reis

**Juiz de Fora  
2018**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Patrocínio, Sandra de Oliveira Franco.

Contribuições da História da Ciência para a ressignificação do conceito de Quantidade de Matéria e sua unidade de medida, mol / Sandra de Oliveira Franco Patrocínio. -- 2018.  
156 f.

Orientadora: Ivoni de Freitas Reis

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química, 2018.

1. Ensino de Química. 2. História da Ciência. 3. Quantidade de Matéria. 4. Mol. 5. Ressignificação de Conceitos. I. Reis, Ivoni de Freitas, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por colocar em meu caminho pessoas amigas e preciosas, por propiciar tantas oportunidades de estudos, me dando condições de concluir mais essa etapa importante na minha vida.

À minha mãe, Angela e ao meu esposo Marcelo, que durante esses anos do doutorado colaboraram para que este trabalho fosse concluído e foram o meu alicerce nos momentos difíceis que passei durante essa caminhada. Sem vocês a minha vida não teria nenhum sentido! Ao meu pai, Amilton (*in memoriam*), que mesmo não estando aqui, se faz presente em meu coração, eternamente. Ao Billy, que sempre me fez companhia, o seu amor me inspira a ser uma pessoa melhor.

À Professora Ivoni, por ter me orientado de forma tão competente e inspiradora. Por ser tão amiga durante as adversidades.

Aos professores e estudantes sujeitos da investigação, sem eles não teria sido possível o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Educação Química (GEEDUQ) e do Núcleo de Estudos em História da Ciência (NEHC), por todas as colaborações, em especial à amiga Jomara que gentilmente me acolheu no Grupo de Inclusão de Cegos no Ensino de Química (GRICEQ), pelo qual me apaixonei e hoje me vejo - literalmente - apaixonada pelo trabalho.

Aos professores da banca de qualificação, Dr. Fumikasu Saito; Dr. José Guilherme da Silva Lopes e Dr. Antônio Carlos Sant'Ana, bem como aos professores participantes da defesa, Dra. Tânia de Oliveira Camel; Dr. César Valmor Machado Lopes; Dra. Andreia Francisco Afonso e Dr. José Guilherme da Silva Lopes, que teceram virtuosas críticas para a composição do texto final.

À Professora Dra. Rosária Justi, que muito contribuiu e me inspirou na minha formação durante a disciplina cursada na Universidade Federal de Minas Gerais.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química da UFJF pela oportunidade de estudo e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa concedida.

A Deus.

Assim diz o Senhor, o teu Redentor, o Santo de Israel:  
Eu sou o Senhor teu Deus, que te ensina o que é útil, e te  
guia pelo caminho em que deves andar. (Is, 48:17)

## RESUMO

---

O ensino de Química é permeado por conteúdos aos quais muitos estudantes apresentam dificuldades de compreensão. Sob essa premissa, o presente estudo busca investigar um dos temas que ainda carecem de atenção no processo de ensino e aprendizagem de Química: a grandeza Quantidade de Matéria e a sua unidade de medida, o mol. Para tanto, nos propusemos a fazer uma reconstrução histórica sobre o assunto, buscando abordar os conceitos atômicos presentes em John Dalton e o acirrado debate que acaba por arquitetar o conceito da constante de Avogadro, várias décadas depois. Para o desenvolvimento desse assunto no contexto da sala de aula, delimitamos alguns episódios históricos e seus partícipes, iniciando com a definição de átomo por Dalton, e encerrando com a definição da constante de Avogadro por Jean Perrin em 1909. Concomitantemente, procuramos investigar quais os principais fatores, para além dos científicos, que influenciaram na construção do conceito de Quantidade de Matéria. Tivemos também, o apoio de professores das universidades de Minas Gerais, que ao responderem um questionário, nos possibilitou conhecer quais as principais dificuldades conceituais de estudantes em fase inicial de graduação; e, também, as estratégias utilizadas pelos docentes para superar tais obstáculos. Realizamos, ainda, uma análise do ponto de vista histórico nos livros didáticos indicados pelo Plano Nacional do Livro Didático, dos anos de 2015 e de 2018, a fim de avaliarmos como essas obras tratavam o tema; e, conseqüentemente, termos um panorama, mesmo que parcial, do tipo de informação que os estudantes têm sobre Quantidade de Matéria, ao ingressarem na Universidade. Como última etapa da pesquisa, propusemos e aplicamos uma estratégia didática com Licenciandos em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora. Para essa etapa, realizamos a intervenção em duas turmas, uma em fase inicial de curso, e a outra em fase de conclusão. Nossa estratégia didática buscou valorizar a História da Ciência de forma que os licenciandos pudessem ressignificar o conceito de Quantidade de Matéria. Acreditamos que esse possa ser um excelente recurso didático no Ensino de Química, pois a partir da contextualização histórica é possível que o estudante ressignifique conceitos, minimizando, assim, a atividade corriqueira de memorização. Mediante as diferentes intervenções didáticas utilizadas com os alunos iniciantes e concluintes, foi possível averiguar o aproveitamento didático advindo da estratégia de ensino proposta neste estudo.

Palavras-chave: Ensino de Química. História da Ciência. Quantidade de Matéria. Mol. Ressignificação de Conceitos.

## ABSTRACT

---

The teaching of chemistry is permeated by content and many students have difficulties understanding them. This research aims to investigate one of the topics that need to be studied in the teaching and learning process of Chemistry: the Amount of Substance and its unit of measure, the mol. To do so, we did a historical reconstruction on the subject and approach the atomic concepts of John Dalton and the debate on the theme that defined decades after this the concept of the Avogadro. For the development of this subject in the context of the classroom, we delimit some historical episodes and their participants, beginning with the definition of atom by Dalton, and ending with the definition of the constant of Avogadro by Jean Perrin in 1909. At the same time, we seek to investigate the main causes besides the scientists factors that influenced the construction of the by Amount of substance concept. We have had the support of professors from the universities of Minas Gerais who, when they answered the questionnaire, enabled us to know the main conceptual difficulties of students in the initial stage of graduation; and also the strategies used by teachers to overcome such obstacles. We also carried out an analysis from the historical point of view in the didactic books indicated by the National Plan of the Didactic Book, from the years of 2015 and 2018, in order to evaluate how these works dealt with the theme; and, consequently, we have a panorama, even if partial, of the type of information that the students have about Quantity of Matter upon entering the University. As a last step of the research, we proposed and applied a didactic strategy with Licenciates in Chemistry of the Federal University of Juiz de Fora. For this stage, we performed the intervention in two classes, one in the initial phase of the course, and the other in the completion phase. Our didactic strategy sought to value the History of Science so that the licenciandos could resignify the concept of Quantity of Matter. We believe that this can be an excellent didactic resource in the Teaching of Chemistry, because from the historical contextualization it is possible for the student to re-significate concepts, thus minimizing the routine activity of memorization. Through the different didactic interventions used with beginning and finishing students, it was possible to ascertain the didactic utilization coming from the teaching strategy proposed in this study.

**Keywords:** Chemistry Teaching. History of Science. Amount of Substance. Mol. Resignification of Concepts.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

---

Figura 1 - Protótipo internacional de quilograma (IPK) .....	19
Figura 2 - Universidades que enviamos o questionário.....	35
Figura 3 - Percurso empregado na proposta de intervenção.....	36
Figura 4 - Desenvolvimento de uma análise.....	38
Figura 5 - Representação dos átomos e átomos compostos por John Dalton e Imagem da legenda montada por Dalton para os átomos.....	46
Figura 6 - Representação dos átomos compostos e Imagem da legenda montada por Dalton para os átomos compostos.....	46
Figura 7 - Cálculo do volume de vapor realizado por Gay-Lussac.....	50
Figura 8 - Equipamentos utilizados por Gay-Lussac, artefato para medir a expansão dos gases e uma balança, respectivamente.....	51
Figura 9 - Tabela de densidades de vapor.....	52
Figura 10 - Valores da Constante de Avogadro por Jean Perrin.....	60
Figura 11 - Imagem extraída do LDQ6.....	73
Figura 12 - Imagem extraída do LDQ2.....	74
Figura 13 - Imagem extraída do LDQ2.....	75
Figura 14 - Conceitos prévios para a compreensão da ‘Quantidade de Matéria’ .....	83
Figura 15 - Gráficos das respostas à Questão 1, turma manhã e noite, respectivamente.....	91
Figura 16 - Gráficos das respostas à Questão 2, turma manhã e noite, respectivamente.....	92
Figura 17 - Gráficos das respostas à Questão 3, turma manhã e noite, respectivamente.....	93
Figura 18 - Gráficos das respostas à Questão 4, turma manhã e noite, respectivamente.....	93
Figura 19 - Gráficos das respostas à Questão 5, turma manhã e noite, respectivamente.....	94
Figura 20 - Gráficos das respostas à Questão 6, turma manhã e noite, respectivamente.....	95
Figura 21 - Página criada pelo grupo 1 - turno manhã.....	99
Figura 22 - Página criada pelo grupo 2 - turno manhã.....	100
Figura 23 - Página criada pelo grupo 3 - turno manhã.....	101
Figura 24 - Página criada pelo grupo 4 - turno manhã.....	102
Figura 25 - Página criada pelo grupo 1 - turno noite.....	103
Figura 26 - Página criada pelo grupo 2 - turno noite.....	104



## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 - Livros analisados PNLD 2015.....	33
Tabela 2 - Livros analisados PNLD 2018.....	34
Tabela 3 - Perguntas do questionário enviado aos Docentes das Universidades.....	35
Tabela 4 - Dados da categoria 1.....	65
Tabela 5 - Dados da categoria 2.....	66
Tabela 6 - Dados da categoria 3.....	67
Tabela 7 - Dados da categoria 4.....	70
Tabela 8 - Dados da categoria 5.....	72
Tabela 9 - Dados da categoria 6.....	73
Tabela 10 - Dados da categoria 7.....	76

## LISTA DE GRÁFICOS

---

Gráfico 1- Resultado das categorias para a questão 2.....	81
Gráfico 2 - Comparativo das respostas à questão 1 - turno manhã.....	105
Gráfico 3 - Comparativo das respostas à questão 1 - turno noite.....	106
Gráfico 4 - Comparativo das respostas à questão 2 do pós-teste com a questão 4 do pré-teste - turno manhã.....	106
Gráfico 5 - Comparativo das respostas à questão 2 do pós-teste com a questão 4 do pré-teste - turno noite. ....	107
Gráfico 6 - Comparativo das respostas à questão 3 do pós-teste com a questão 5 do pré-teste - turno manhã. ....	108
Gráfico 7 - Comparativo das respostas à questão 3 do pós-teste com a questão 5 do pré-teste - turno noite. ....	108

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

AC	Análise de Conteúdo
BIPM	Escritório Internacional de Pesos e Medidas
CIPM	Comitê Internacional de Pesos e Medidas
CGPM	Conferência Geral de Pesos e Medidas
CODATA	Comitê de dados para Ciência e Tecnologia
CNLD	Comissão Nacional do Livro Didático
EDEQ	Encontro de Debates sobre o Ensino de Química
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
HC	História da Ciência
INL	Instituto Nacional do Livro
IPK	Protótipo Internacional do Quilograma
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
LD	Livros Didáticos
LDQ	Livros Didáticos de Química
MEC	Ministério da Educação e Cultura
PAE	Programa de Aperfeiçoamento de Ensino
PLIDEF	Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental
PLND	Plano Nacional do Livro Didático
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
SI	Sistema Internacional de Unidades
UCC	Comitê Consultivo das Unidades
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
Unifei	Universidade Federal de Itajubá

UFSJ	Universidade Federal de São João del-Rei
UFTM	Universidade Federal do Triângulo Mineiro
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFV	Universidade Federal de Viçosa

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1: O CONCEITO DE QUANTIDADE DE MATÉRIA E A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO.....</b>	<b>18</b>
1.1 A MUDANÇA NA DEFINIÇÃO DE MOL EM 2018.....	18
1.2 DIFICULDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM DO CONCEITO QUANTIDADE DE MATÉRIA E DA SUA UNIDADE - O MOL: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	21
1.3 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE QUÍMICA.....	27
1.4 A IMPORTÂNCIA E AS IMPLICAÇÕES DA INSERÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO.....	29
<b>CAPÍTULO 2: PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>32</b>
2.1 O PROCESSO DE COLETA DE DADOS.....	32
2.1.1 <i>Pesquisa documental e bibliográfica</i> .....	32
2.1.2 <i>Livros Didáticos de Química</i> .....	33
2.1.3 <i>Questionário aos Docentes</i> .....	34
2.1.4 <i>Intervenção na Graduação</i> .....	36
2.2. PROCESSO DE ANÁLISE DOS DADOS.....	37
2.2.1 <i>A História da Ciência</i> .....	37
2.2.2 <i>A Análise de Conteúdo</i> .....	37
2.2.3 <i>A análise dos Livros Didáticos</i> .....	39
<b>CAPÍTULO 3: A CONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO QUANTIDADE DE MATÉRIA: DELINEANDO OS CAMINHOS.....</b>	<b>41</b>
3.1 O PESQUISADOR JOHN DALTON E SUA TEORIA ATÔMICA.....	42
3.2 O TRABALHO DE GAY-LUSSAC.....	49
3.3 A HIPÓTESE DE AVOGADRO.....	53
3.4 A TEORIA ATÔMICA POSTERIORMENTE À HIPÓTESE DE AVOGADRO.....	56
3.5 A DEFINIÇÃO DE MOL.....	57
3.6 A DETERMINAÇÃO NUMÉRICA DA CONSTANTE DE AVOGADRO.....	58

<b>CAPÍTULO 4: A IMPORTÂNCIA DO LIVRO DIDÁTICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA E A ABORDAGEM DA GRANDEZA QUANTIDADE DE MATÉRIA.....</b>	<b>61</b>
4.1. A IMPORTÂNCIA DOS LIVROS DIDÁTICOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	61
4.2. A DISTRIBUIÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS NAS ESCOLAS PÚBLICAS BRASILEIRAS.....	62
4.3 OS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA EMPREGADOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	63
4.4. ANÁLISE DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EMPREGADA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA RECOMENDADOS EM 2015 E EM 2018.....	64
4.5 ANÁLISE DO CONCEITO DE QUANTIDADE DE MATÉRIA, MOL E CONSTANTE DE AVOGADRO NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA RECOMENDADOS EM 2015 E EM 2018.....	76
<b>CAPÍTULO 5: OS DOCENTES DAS UNIVERSIDADES MINEIRAS: ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>78</b>
5.1 A DOCÊNCIA EM QUÍMICA NO ENSINO SUPERIOR.....	78
5.2. AS PRINCIPAIS CONSIDERAÇÕES APONTADAS PELOS DOCENTES.....	80
<b>CAPÍTULO 6: INTERVENÇÃO A PARTIR DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA: AS TURMAS DE GRADUAÇÃO.....</b>	<b>89</b>
6.1 A INTERVENÇÃO COM OS INGRESSANTES DA GRADUAÇÃO EM QUÍMICA LICENCIATURA.....	89
6.1.1 <i>O primeiro encontro</i> .....	90
6.1.2 <i>O segundo encontro</i> .....	98
6.1.3 <i>Atividade avaliativa da disciplina</i> .....	109
6.2 A INTERVENÇÃO COM OS GRADUANDOS EM FINAL DE CURSO .....	111
6.2.1 <i>A disciplina e os sujeitos participantes</i> .....	111
6.2.2 <i>A intervenção didática</i> .....	112
6.2.3 <i>Os resultados</i> .....	112
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>116</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE 1.....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE 2.....</b>	<b>130</b>
<b>APÊNDICE 3.....</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE 4.....</b>	<b>133</b>
<b>APÊNDICE 5.....</b>	<b>134</b>
<b>APÊNDICE 6.....</b>	<b>135</b>
<b>APÊNDICE 7.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>150</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>154</b>

## INTRODUÇÃO

*Se fosse ensinar a uma criança a beleza da música não começaria com partituras, notas e pautas. Ouviríamos juntas as melodias mais gostosas e lhe contaria sobre os instrumentos que fazem a música. Aí, encantada com a beleza da música, ela mesma me pediria que lhe ensinasse o mistério daquelas bolinhas pretas escritas sobre cinco linhas. Porque as bolinhas pretas e as cinco linhas são apenas ferramentas para a produção da beleza musical. A experiência da beleza tem de vir antes.*

*Rubem Alves*

Sabemos que a Química é uma ciência abstrata, que recorre às representações e aos modelos para explicar os fenômenos. Diante disso, alguns conceitos podem ficar mal compreendidos, caso o estudante não consiga realizar esse processo de abstração e muitas vezes de imaginação.

Isso ocorre quando trabalhamos com o conceito de Quantidade de Matéria e a sua unidade, o mol. Muitos estudantes apresentam dificuldade de compreender o emprego de um valor tão elevado, difícil de mensurar e de aplicar nos seus estudos. Isso pode levar à memorização do valor, mas que não faz sentido para a compreensão da Química.

Por meio da contextualização histórica, o estudante, bem como o docente adquirem subsídios que permitem uma ressignificação do conceito e assim compreender o que é Quantidade de Matéria e mol.

Diante dessa problemática, nos propomos a historiografar um período que contemplou a escolha de alguns episódios históricos e seus partícipes, iniciando com a definição de átomo por John Dalton (1766-1844), e encerrando com definição da constante de Avogadro por Jean Perrin (1870-1942) em 1909. Concomitantemente, realizamos uma pesquisa com os professores das Universidades de Minas Gerais a fim de compreendermos quais os principais entraves por eles encontrados ao trabalhar o conceito em suas disciplinas. Também, analisamos os livros didáticos de química (LDQ) indicados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) nos anos de 2015 e 2018, com o objetivo de conhecermos a abordagem histórica dada ao tema e conseqüentemente, como os estudantes do Ensino Médio têm acesso a essas informações.

Realizamos durante o ano de 2017, uma intervenção didática em duas disciplinas da graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), em que buscamos contemplar a história do tema por nós realizada, com um aguçado olhar para as dificuldades



apontadas pelos docentes a partir dos seus questionários. Buscamos compreender, se o emprego da História da Ciência (HC) possibilitou uma melhor compreensão sobre o assunto.

Diante disso, a presente tese buscou responder a seguinte questão: De que maneira a História da Ciência pode contribuir para dar significado ao conceito de Quantidade de Matéria e à sua unidade de medida, o mol dentro do contexto do conhecimento escolar?

A fim de responder a essa questão de pesquisa, o objetivo geral deste trabalho foi:

Compreender como a História da Ciência pode propiciar a reelaboração do conceito Quantidade de Matéria e sua unidade, o mol, por parte de graduandos em licenciatura em química da UFJF.

Em torno desse objetivo geral, gravitam os seguintes objetivos específicos:

- Estudar os principais pesquisadores que estiveram envolvidos no desenvolvimento desta “escola de pensamento químico” no período compreendido entre o final do século XVIII e início do século XX;
- Analisar as obras dos cientistas sujeitos da pesquisa que estão relacionados ao tema;
- Compreender como os docentes dos departamentos de química de universidades públicas de Minas Geras que lecionam no ensino superior, abordam a temática em suas disciplinas de graduação;
- Realizar uma análise crítica da História da Ciência empregada no estudo da Quantidade de Matéria, mol e da constante de Avogadro nos LDQ sugeridos pelo PNLD 2015 e PNLD 2018 a fim de compreendermos como a informação histórica está sendo disponibilizada nas escolas públicas brasileiras;
- Desenvolver uma estratégia didática, para ser executada na disciplina de Introdução à Educação Química e Iniciação à Pesquisa no ensino de Química, da matriz curricular do curso de Licenciatura em Química da UFJF, visando contribuir com a ressignificação do conceito.

Nos parágrafos seguintes descreveremos sucintamente a estrutura da tese de forma a dar ao leitor uma visão geral da mesma.

Essa tese é composta por seis capítulos e considerações finais. No primeiro capítulo, '*O conceito de Quantidade de Matéria e a História da Ciência no ensino*', iniciamos por uma discussão da recente proposta de alteração da definição do mol e seguimos por uma revisão da literatura em relação aos problemas de ensino e aprendizagem relacionados ao nosso tema de interesse. Discutimos sobre os recentes movimentos em busca de inserir a HC no ensino, além da importância e implicações ao ensino que essa inserção pode promover.

No segundo capítulo, '*Percurso metodológico*' narramos a trajetória por nós percorrida para o desenvolvimento desse trabalho, os materiais coletados, os sujeitos e materiais analisados. Apresentamos também, o aporte teórico sobre o qual nos debruçamos para analisar os resultados.

No terceiro capítulo, '*A construção histórica do conceito Quantidade de Matéria: delineando os caminhos*', historiografamos a HC que permeou a construção do que hoje denominamos de Quantidade de Matéria. Delimitamos nosso trabalho a alguns episódios históricos específicos, iniciado na proposição do átomo de Dalton findando na definição numérica para a constante de Avogadro por Perrin.

No quarto capítulo, '*A importância do livro didático na Educação Básica e a abordagem da grandeza Quantidade de Matéria*', discutimos o papel do LD dentro das escolas públicas brasileiras, o histórico das políticas públicas em busca por trazer materiais de melhor qualidade para as escolas. Em seguida, apresentamos a análise e os resultados obtidos por nós ao realizamos uma investigação nos LD indicados pelo PNLD 2015 e 2018.

No quinto capítulo, '*Os docentes das universidades mineiras: análise do questionário*', mostramos os resultados do levantamento que realizamos com os professores das universidades de Minas Gerais sobre suas principais impressões quando lecionam o conceito de Quantidade de Matéria. As respostas dos questionários foram extremamente importantes para nos auxiliar na proposição de nossa estratégia didática.

No sexto e último capítulo, '*Intervenção a partir da contextualização histórica: as turmas de graduação*', trouxemos o desenvolvimento e os resultados das propostas didáticas que criamos para abordar o conceito a partir da HC nas turmas de graduação em Licenciatura em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora. Por fim, apresentamos as *Considerações Finais* do desenvolvimento de toda a pesquisa.

## CAPÍTULO 1

---

### O CONCEITO DE QUANTIDADE DE MATÉRIA E A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

Embora essa mudança conceitual não traga quaisquer benefícios práticos imediatos à nossa capacidade de compreender melhor o mol, ela realinha a definição do mol com a maneira como a maioria dos químicos a entende (MARQUARDT et al, 2018, p. 176, tradução nossa).

A citação que abre o presente capítulo faz parte do Relatório Técnico da “*Union of Pure and Applied Chemistry*” (IUPAC) sobre a definição do mol de 2018. Nela percebemos que a mudança conceitual sobre o mol, pode trazer novos desafios aos professores de Química, pois ainda não vemos esforços claros que visem contribuir para a aprendizagem do mol.

Nesse sentido, apresentamos no presente capítulo a discussão sobre as mudanças na definição de mol que vem ocorrendo nos últimos anos. Em seguida, mostramos os resultados das pesquisas já realizadas sobre a temática Quantidade de Matéria e mol e as principais conclusões dos pesquisadores. Os apontamentos dessas investigações nos nortearam durante a construção de nossa intervenção didática na tentativa de buscar meios que pudessem minimizar os problemas por eles apontados.

Por fim, discutimos como a HC vem conquistando espaço na Educação Básica e no ensino de Química, a partir de debates que mostram como a abordagem histórica da ciência pode contribuir para a aprendizagem do educando.

#### 1.1 A mudança na definição de mol em 2018

É relevante compreender que as unidades de medida, assim como o mol, possuem a mesma definição em qualquer lugar do mundo. Desde 1948 foi instituído o Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) durante a 9ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), cujo objetivo principal era recomendar um único sistema que pudesse ser adotado por todos os países que aderissem à Convenção do Metro (CGPM, 1949).

Em 1954, na 10ª CGPM foi adotado um sistema de unidades de medida para uso internacional. O sistema continha seis unidades base: metro, quilograma, segundo, Ampere, Kelvin e candela. Esse sistema internacional foi denominado de “*Système International*

*d'Unitès*” e cuja abreviação SI fora adotada na 11ª CGPM. A sétima unidade base, o mol, foi adicionado ao SI em 1971 na 14ª CGPM (MARQUARDT et al, 2018).

Assim, a definição de mol comumente empregada até o final de 2017 era a seguinte:

1. “O mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos em 0,012 kg de carbono-12; seu símbolo é "mol".
2. Quando o mol é utilizado, as entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, íons, elétrons, outras partículas ou grupos específicos de tais partículas (CGPM, 1972, p.78, tradução nossa).

Percebemos que esta definição para a Quantidade de Matéria e sua unidade, o mol é dependente da definição de quilograma, ou seja, a definição de Quantidade de Matéria refere-se a um número bem determinado de entidades em uma certa massa fixa de carbono-12. A unidade base quilograma é fundamentada em um artefato: um cilindro de platina-irídio fabricado em 1879<sup>1</sup> - o protótipo internacional de quilograma (IPK) - armazenado no *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM). A massa  $m_{IPK}$  é de 1 Kg por definição, e foi observado que o protótipo do quilograma e suas seis cópias oficiais mostraram certa divergência de calibração ao longo do tempo.

Figura 1: Protótipo internacional de quilograma (IPK)



Fonte: <https://www.bipm.org/en/bipm/mass/ipk/>

<sup>1</sup> Além do artefato armazenado no BIPM, há também, seis cópias oficiais (MARQUARDT et al, 2017).

Nesse sentido, a 21<sup>a</sup> CGPM recomendou que os laboratórios se esforçassem para aperfeiçoar experimentos que ligassem a unidade de massa às constantes fundamentais, visando uma redefinição futura do quilograma (MARQUARDT et al, 2017; MARQUARDT et al, 2018).

Durante a 23<sup>a</sup> reunião do Comitê Consultivo das Unidades (UCC), em setembro de 2017, foi proposta uma nova definição para o mol, a qual será submetida à 26<sup>a</sup> CGPM, que ocorrerá em novembro de 2018. A nova definição é a seguinte:

O mol, cujo símbolo também é mol, é a unidade do SI da quantidade de matéria. Um mol contém exatamente  $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  entidades elementares. Este número é o valor numérico fixo da constante de Avogadro,  $N_A$ , quando representado por  $\text{mol}^{-1}$ , e é chamado de número de Avogadro.

A quantidade de matéria, de símbolo  $n$ , de um sistema é uma medida do número de entidades elementares específicas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, qualquer outra partícula ou grupo de partículas específicas (MARQUARDT et al, 2018, p. 177, tradução nossa).

Continuando as discussões do relatório da IUPAC, Marquardt et al (2018) tecem observações explicativas sobre a definição, as quais destacamos duas:

1. Embora o nome completo da quantidade seja quantidade de matéria, a palavra “matéria” é um nome temporário e deve ser substituída pelo nome da substância real. Assim, por exemplo, fala-se da “quantidade de água”,  $n(\text{H}_2\text{O})$ , ao invés de “quantidade de matéria da água”.
2. O nome “quantidade de matéria” não é universalmente considerado uma boa escolha e essa quantidade também é chamada algumas vezes de “quantidade química”. Um exame completo de um potencial nome alternativo para a quantidade de matéria,  $n$ , deve ser feito (MARQUARDT et al, 2018, p. 177, tradução nossa).

Para a constante de Avogadro, o valor atualmente aceito é dado pelo Comitê de dados para Ciência e Tecnologia (CODATA), sendo de  $6.022\ 140\ 857(74) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  com uma incerteza padrão relativa de  $1,2 \times 10^{-8}$  (MOHR et al, 2016).

Concordamos com a discussão e busca de uma definição para o mol que se mostre independente de outras grandezas do SI. Apesar da redefinição do mol não trazer grandes modificações, ela pode fazer com que os estudantes se sintam confusos sobre qual definição usar, uma vez que os livros didáticos empregados ainda constarão da definição anterior. Além disso, se faz necessário atualizar os docentes sobre essa nova informação, enfatizando que essas mudanças devem ser discutidas em sala de aula, e que essas alterações visam sempre o

desenvolvimento e aprimoramento da ciência, além de revelar aspectos da construção do conhecimento científico.

Nossa pesquisa se deu em um período de transição nas definições de mol. Quando iniciamos as pesquisas da tese, em 2015, a definição em vigor era a proposta em 1971, justificando assim, o emprego da definição de 1971 para a análise dos dados.

## **1.2 Dificuldades de ensino e aprendizagem do conceito Quantidade de Matéria e da sua unidade - o mol: levantamento bibliográfico**

Ao fazermos uma busca nas principais bases de dados, encontramos artigos em periódicos nacionais e estrangeiros que abordavam o tema. Buscamos também, na Plataforma Scupira dissertações e teses e nos anais de eventos, os trabalhos apresentados. Percebemos que a temática é abordada em quatro vieses distintos, a saber: revisão de literatura, como docentes abordam o assunto em sala de aula, como o tema é tratado nos LD e estratégias didáticas criadas para favorecer o processo de ensino e aprendizagem. É importante salientar que a maioria dos trabalhos tinha como foco principal da pesquisa os professores ou a estratégia didática, mas todos utilizaram os LD como objeto a ser investigado, mesmo que de forma secundária. Sendo assim, na presente revisão, iremos discutir o levantamento bibliográfico seguindo esses quatro grandes eixos.

Observamos que as duas principais revisões de literatura realizadas sobre o tema - mol e ensino de mol - são de âmbito internacional. Na primeira, Dierks (1981) delimitou seu levantamento nas produções de três décadas, compreendidas entre 1953 a 1980. Sua revisão compreendeu aproximadamente 300 artigos que discutiam o conceito de mol. Em seu levantamento foi possível perceber que muitos químicos continuaram a usar velhas definições como, por exemplo, o termo ‘número de mols’ por questão de hábito. Por outro lado, em relação às dificuldades de aprendizagem do mol, os artigos identificaram, principalmente, aspectos relacionados ao uso do mol em cálculos estequiométricos. Em suas conclusões, o autor afirmou que mesmo com esse número relativamente alto de publicações, era possível perceber que ainda persistiam os problemas referente ao tema no contexto de sala de aula, uma vez que poucos estudantes compreendiam o mol como uma unidade de contagem; apresentando dificuldades em relação às palavras parecidas, tais como: mol, molécula, molecular, molar.

Duas décadas depois, Furió, Azcona e Guisasola (2002) publicaram um artigo em que fizeram um levantamento das publicações que versavam sobre o ensino de mol. Nessa revisão,

os autores consideraram mais de uma centena de publicações das principais revistas internacionais. Como resultados, eles identificaram que a maioria dos trabalhos publicados abordava o tema a partir de diferentes aspectos: as percepções dos estudantes; as percepções dos professores; as novas perspectivas didáticas levantadas à luz da psicologia da aprendizagem; o ponto de vista histórico e filosófico sobre a origem do conceito; os pré-requisitos necessários para aprender; e a análise do conceito nos LD. Os autores identificaram uma discrepância entre o que é aceito pela comunidade científica e o pensamento dos professores. Segundo os pesquisadores, 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, a quantidade de matéria é geralmente identificada 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 Avogadro (...).
- c) Dificuldades de sequenciamento dos conteúdos para introduzir o conceito de mol e a inadequação das metodologias de ensino comumente usadas (p. 238, tradução nossa).

Por outro lado, em relação aos estudantes, os autores concluíram que:

- 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 matéria", 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, tradução nossa).

Sendo assim, a revisão da literatura realizada por Furió, Azcona e Guisasola (2002) apontou uma dicotomia entre comunidade científica e concepções dos docentes. Esse fato reflete as informações contidas nos LD e, conseqüentemente, influencia na compreensão desse tema pelos estudantes.

O segundo viés tratado no artigos está relacionado à forma pela qual os docentes abordam a temática Quantidade de Matéria em suas aulas. Como dito anteriormente, é importante observar que esses trabalhos sempre foram acompanhados pela análise realizada nos LD, os quais faziam parte do contexto da pesquisa. Em um trabalho empírico realizado por

Hawthorne (1973), foi ratificado que muitos docentes estão ensinando erroneamente a constante de Avogadro, pois a maioria deles se equivoca ao tratar os termos mol e constante de Avogadro como sinônimos. O mesmo autor buscou observar como artigos e livros de Química abordavam o mol e a constante de Avogadro, para perceber se essas obras também cometiam o mesmo equívoco que os docentes. Para isto, ele fez uma revisão bibliográfica das principais publicações dos periódicos nos cinquenta anos anteriores, além de 104 livros de Química amplamente encontrados em diversas bibliotecas americanas. Como resultado, ele constatou que os textos não tratavam pedagogicamente o tema em questão, fazendo uma mera menção ao assunto. Além disso, 70% dos textos traziam o valor numérico para a constante de Avogadro. Por último, o autor acrescentou que a abordagem do tema foi crescendo em frequência progressivamente nas últimas três décadas analisadas.

Resultados congruentes aos apresentados por Hawthorne (1973) foram obtidos por Furió, Azcona e Guisasola (1999). Com o objetivo de discutir as implicações didáticas das dificuldades epistemológicas em relação ao mol no ensino de Química, os autores descreveram a origem e evolução do conceito de Quantidade de Matéria e de mol na perspectiva da HC. Além disso, discutiram a dicotomia entre o pensamento dos professores de Química e as recomendações da comunidade científica internacional em relação à definição do conceito de Quantidade de Matéria. Ainda, eles comentaram que como o mol é um termo cunhado pelos cientistas para facilitar os cálculos de Química, as concepções dos estudantes a esse respeito não podem ser consideradas como concepções intuitivas. Isto, porque, muitas vezes, seu ensino ocorre a partir de uma instrução insuficiente do professor ou por estratégias inadequadas. No trabalho, os pesquisadores procuram responder às seguintes questões:

- 1) Que ideias os professores de Química da escola básica têm sobre os conceitos de quantidade de matéria e sua unidade, mol?
- 2) Em que medida o pensamento dos professores sobre esses conceitos está de acordo com o significado atualmente atribuído a eles pela comunidade química internacional, expresso nas recomendações da IUPAC?
- 3) Existe alguma relação entre as dificuldades de compreensão desses conceitos pelo corpo docente e a construção histórica desse conhecimento? (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999, p. 360, tradução nossa).

Para responder a essas questões, os autores empregaram como amostra 89 professores licenciados em Química, pertencentes às diferentes áreas geográficas (País Basco, Valência e Valladolid); professores do ESO e bacharelado (total = 47) e professores universitários de Química Geral do primeiro ano (total = 6), todos atuantes no momento da pesquisa. Por outro lado, na análise dos LD, a amostra consistiu de 87 livros, todos editados no período 1976-96.



Desses, 62 eram destinados ao nível de ensino secundário (16-17 anos) e 25 eram de Química secundária geral (18 anos) e primeiro ano da universidade.

Como resultado, os autores identificaram que a introdução da grandeza é evitada pelos professores, sendo comum a ocorrência de equívocos conceituais, como o emprego do conceito de Quantidade de Matéria como massa, por exemplo. Em relação aos LD, foi observado que a Quantidade de Matéria é dificilmente considerada nos textos de ensino da Química ao longo do período analisado, embora entre 1986 a 1996 tenha havido uma pequena evolução positiva. Nos textos, não se pergunta explicitamente sobre o conceito de Quantidade de Matéria, e esse nem é considerado como um tópico de avaliação no final do capítulo. Apenas um terço dos 89 textos analisados refere-se ao tipo de problema geral que a introdução do conceito de mol tenta resolver e em poucas obras há comentários históricos sobre aspectos relacionados à origem e à evolução do conceito.

Ainda em âmbito internacional, Abrantes, Vieira e Silva (2003) trabalharam com docentes com vários anos de experiência, graduandos de Licenciatura, além de alunos estudantes cursistas do primeiro ano de Bacharelado em Química na Universidade de Aveiro. A partir de respostas coletadas por um questionário, as autoras constataram que muitos docentes apresentavam uma definição inadequada sobre o conceito, além de não ter sido observado, entre os professores, conhecimentos relacionados à origem e à evolução do conceito de mol. Em relação aos estudantes, as autoras perceberam semelhanças no grau de conhecimento. Finalmente, nos LD elas observaram certa falta de rigor na terminologia empregada em relação aos conceitos em questão.

Seguindo essa perspectiva, em âmbito nacional, Rogado (2005) também analisou as dificuldades de ensino e aprendizagem da grandeza Quantidade de Matéria e de sua unidade de medida. Para isto, ele trabalhou com 50 estudantes do 6º e 7º semestres de curso de Licenciatura em Química; 29 professores em exercício no Ensino Médio; 5 professores formadores, atuantes em curso de Licenciatura em Química. Além disso, ele analisou 38 livros didáticos e manuais de professores, sendo 32 destinados ao Ensino Médio e 6 ao Ensino Superior. Como resultados, sua investigação apontou 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, utilizando ‘número de mols’ em seu lugar, atribuindo-lhe a ideia de uma ‘massa química’ ou um ‘número de Avogadro’ de entidades elementares. A análise de textos e livros didáticos confirma o entendimento de que a grandeza Quantidade de Matéria não é tratada, sendo substituída por

‘número de mols’. Nesse sentido, são empregadas 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.

Ratificamos que Soares (2006) 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 constatou que a maioria não compreendia corretamente o conceito. Ela também identificou que os LD utilizados não colaboram para um maior entendimento, resultando em dificuldades de aprendizagem dos estudantes. A autora defende que uma abordagem alicerçada na HC pode contribuir para a compreensão da grandeza Quantidade de Matéria.

Diante do exposto, podemos perceber que é comum a dificuldade dos professores em ensinar essa temática, além dos LD apresentarem o conteúdo de forma inconsistente ou insatisfatória. A falta de material de apoio aos professores faz com que essa barreira se torne recorrente, ultrapassando décadas, como apontado na revisão.

Em pesquisa nacional, ao analisarem exclusivamente os livros didáticos de Química do Ensino Médio, Mól e colaboradores (1996) encontraram resultados congruentes às pesquisas discutidas anteriormente. Os referidos autores observaram que alguns livros apresentam a constante de Avogadro como sendo um número determinado experimentalmente a partir de um padrão adotado; outras obras tratam da constante de forma errônea; e algumas remetem à homenagem feita a Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856). Assim, “a maioria dos livros falha em fornecer aos estudantes 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).

Leite (2002) comenta que os professores dependem fortemente de livros didáticos para selecionar o conteúdo histórico que incluem em suas aulas de ciências. Nesse sentido, é importante que a abordagem do tema nos LD seja realizada da forma mais completa possível. A autora complementa afirmando que a educação científica deve focar no aprendizado sobre a ciência e que a HC pode contribuir muito para isso.

Em relação às estratégias didáticas, Lourenço e Marcondes (2003), relatam a criação de um plano de ensino na perspectiva do ciclo de aprendizagem de orientação piagetiana, constituído pelas fases de exploração, invenção e aplicação; com os objetivos de levar à aprendizagem do conceito de mol como unidade de Quantidade de Matéria e de propiciar aos

estudantes do primeiro ano do Ensino Médio oportunidades de fazer uso desse conceito no estudo quantitativo das transformações químicas, através do emprego de raciocínio proporcional e não simplesmente de algoritmos. Para a realização do ciclo de aprendizagem, as autoras empregaram atividades experimentais, leitura e discussão de textos. Como resultados, foi possível inferir que houve uma melhora acentuada na compreensão dos estudantes, que conseguiram fazer a relação tanto no nível macroscópico, quanto no microscópico.

Nessa mesma perspectiva, Colagrande (2008) desenvolveu, em sua dissertação de mestrado, um software, na forma de jogo didático virtual, baseado na teoria da atividade de Leontiev. O jogo, que tem como objetivo principal auxiliar estudantes do Ensino Médio na aprendizagem do mol, é baseado nas dificuldades relatadas em entrevistas com estudantes e professores. Ele é composto por três fases, das quais duas exploraram conceitos matemáticos, como reconhecimento de fórmulas, cálculos e relações proporcionais. Já a última fase, abordava o conceito de mol especificamente. A autora concluiu que o jogo foi eficaz e motivador pelo seu aspecto lúdico e educativo, tendo colaborado com a aprendizagem da maioria dos educandos.

Também em 2008, Silva et al. apresentaram um trabalho no XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ) em que mostraram os resultados de uma investigação que objetivava analisar o processo de ensino e aprendizagem do conceito de Quantidade de Matéria. Esse trabalho, realizado com estudantes universitários de Química, apresentava dois objetivos: facilitar a diferenciação entre os conceitos de Quantidade de Matéria, mol e massa; e verificar a influência da história do conceito de Quantidade de Matéria em sua aprendizagem. A estratégia didática adotada consistiu da exposição do conceito de Quantidade de Matéria, numa perspectiva histórica; discussão detalhada de um texto didático que buscava explicitar claramente as diferenças entre os conceitos de Quantidade de Matéria, mol e massa; e realização de exercícios de cálculos estequiométricos. Após a realização da intervenção em sala de aula, os autores mostraram que houve mudanças substanciais em relação aos conhecimentos prévios dos estudantes, sendo que cerca de metade da turma conseguiu diferenciar Quantidade de Matéria de massa e também Quantidade de Matéria de 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, Antler e colaboradores apresentaram um trabalho no 33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), em que mostraram os resultados de uma pesquisa realizada no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

Naquele contexto, os bolsistas desenvolveram uma proposta didática experimental com o objetivo principal de diferenciar os conceitos de Quantidade de Matéria e massa. Os pesquisadores concluíram que a abordagem experimental teve ampla receptividade dos estudantes, e que estes apresentaram uma melhora na compreensão de tais conceitos.

A nosso ver, as estratégias didáticas apresentadas enfatizam sobremaneira a dimensão quantitativa, o que pode contribuir para que o estudante compreenda o mol como uma simples unidade de medida, refletindo assim, numa memorização mecânica em detrimento da compreensão dos fenômenos. Essa abordagem é justificada pela percepção já arraigada nos professores do emprego principal do mol nas aulas de Química. Por exemplo, Kolb (1978) afirma que acredita não haver nenhum conceito em todo o curso de Química do primeiro ano do Ensino Médio mais importante para os estudantes entenderem do que a Quantidade de Matéria, e uma das principais razões pelas quais o conceito de mol é tão essencial no estudo da Química é a estequiometria.

Podemos perceber que, o número de publicações sobre o assunto foi diminuindo gradativamente com o passar dos anos. De 2008 a 2018 houve somente um único trabalho apresentado em evento da área e nenhum artigo divulgando atividades que pudessem vir a colaborar com o fazer docente. Este fato, nos mostra a importância de voltar nossos olhos a essa temática.

A partir desta revisão da literatura, apreendemos que os entraves na aprendizagem do conceito de Quantidade de Matéria e de sua unidade, o mol, passam pelos obstáculos dos professores para ensinar o conteúdo. Tais obstáculos podem ser causados por diversos fatores, que compreendem desde a formação inicial do professor até o material usado para preparar as aulas. Por outro lado, em relação às estratégias didáticas comunicadas nas pesquisas discutidas anteriormente, percebemos que há uma valorização dos aspectos quantitativos que o mol pode resolver, mas que aspectos conceituais ainda ficam a desejar. Essa compreensão da ciência faz com que o aluno tenha uma visão dogmática dela. Por tudo isso, acreditamos que a abordagem da HC pode contribuir para que o estudante atribua um novo significado ao conceito de Quantidade de Matéria.

Vale ressaltar que o conceito Quantidade de Matéria, não é o único problemático na compreensão da Química, mas sim aquele que decidimos nos debruçar sobre.

### 1.3 A História da Ciência no ensino de Química

Quando debatemos os avanços nas ações se tratando da inserção da HC no ensino, sabemos que houve vários nos últimos anos. Mas, como afirma Chamizo (2017), ainda é recorrente o ensino da ciência como um dogma ou ainda a apresentação das teorias já estabelecidas, sem as devidas discussões sobre sua construção, o que dificulta os debates sobre a natureza do conhecimento científico e do papel do cientista.

Como afirmam Sasseron e Carvalho (2011), o ensino deve possibilitar ao aluno compreender termos, conhecimentos e conceitos científicos essenciais, entender a natureza da ciência e sua relação com fatores éticos e políticos e as relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Nesse sentido, em âmbito nacional temos alguns documentos e diretrizes que vislumbram tais objetivos. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (2000), PCN+ (2002), e Orientações Curriculares (2006), percebemos que é recorrente a sugestão para que o docente trabalhe com temas relacionados à HC<sup>2</sup>. Nesses documentos é enfatizada a importância de explicitar que o conhecimento é construído através do tempo e de caráter dinâmico, como podemos perceber:

Na interpretação do mundo através das ferramentas da Química, é essencial que se explicita seu caráter dinâmico. Assim, o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos (BRASIL, 2000, p. 31).

A sugestão de inserir a HC no ensino de Química não é comum somente no Ensino Básico, compreende também, o Parecer 1.303/2001 que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química em nível de graduação. Nesse documento, ao tratar das competências que o aluno de licenciatura deve possuir, é mencionado que o educando deve “ter uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção” (BRASIL, 2001, p. 6).

Em relação a essas dificuldades de implementação da HC nas aulas, pesquisas apontam os motivos para esse fato. Martins (2007), ao pesquisar as experiências de professores da rede

---

<sup>2</sup> Em relação à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio que no ano de 2018 foi encaminhada para discussão no Conselho Nacional de Educação não apresenta nenhuma menção à HC quando trata da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Fonte: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>. Acessado em 10/07/2018.

pública, estudantes de pós-graduação e licenciandos em relação ao uso da HC, categorizou as dificuldades apontadas, sendo elas: os obstáculos de responsabilidade do professor e os obstáculos externos a ele. Na primeira categoria, o autor incluiu os problemas vividos pelos professores ao planejarem e executarem aulas utilizando a HC. Já na segunda categoria, elencou os obstáculos considerados externos aos docentes, como o currículo escolar voltado para os exames vestibulares, o pouco tempo disponível, a resistência e o desinteresse dos estudantes.

Forato (2009), ao analisar as dificuldades encontradas na relação interpessoal do sujeito-pesquisador com o saber, identificou obstáculos que ela denominou de estruturais superáveis e contornáveis. Os obstáculos estruturais superáveis são aqueles representados pela seleção, nível de aprofundamento e detalhamento dos aspectos históricos e epistemológicos a serem apresentados aos alunos, pela escolha das fontes e pela construção de atividades de ensino adequadas. E os obstáculos classificados como contornáveis relacionam-se às concepções que professores e estudantes têm sobre a ciência, a falta de preparação do professor e a inadequação do material didático disponível.

Por tudo isso, compreendemos que as dificuldades para implementar a HC na sala de aula perpassa por diferentes obstáculos, mesmo aqueles professores que tenham interesse por adotarem esse viés, não apresentam disponibilidade em carga horária para inserir a HC durante todo o ano letivo, além disso, encontram outras barreiras, como uma formação inicial que não contempla as discussões pertinentes à HC e suas fronteiras interdisciplinares relacionadas ao ensino, a escassez de materiais que lhes auxiliem no planejamento dessas aulas<sup>3</sup>, poucos cursos de formação continuada focados nesta área de abrangência didático-pedagógica e receptividade dos estudantes para o assunto, estes por sua vez, acreditam que o conhecimento científico não deve ser discutido ou negociado, mas memorizado (HOTTECKE; SILVA, 2011).

#### **1.4 A importância e as implicações da inserção da História da Ciência no ensino**

A discussão referente a importância, bem como as implicações de inserir a HC em busca de uma educação científica satisfatória, tem sido amplamente pesquisada nas últimas décadas (ALLCHIN, 2002, 2004; BELTRAN, 2009, 2013; BURBULES, LINN, 1991; HODSON, 1991; MATTEWS, 1994, 1998; OKI, 2009; dentre outros).

---

<sup>3</sup> Como por exemplo os livros didáticos adotados pelo PNL 2015 e 2018 também não abordam a HC, de modo a valorizar a ciência como construção dinâmica, comunitária e social.

Nos trabalhos de Michael Matthews, o fundador da revista *Science & Education*, 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 científicista; 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 lhes 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 nova HC, isto é, quando a HC é trabalhada levando em conta as questões científicas, religiosas, materiais e sociais em que o conhecimento foi desenvolvido, contribui para mostrar ao educando a natureza do conhecimento científico (BELTRAN; SAITO e TRINDADE, 2014), diferentemente do que eles podem encontrar nos LD, e nos meios de comunicação de massa, que enfatizam uma visão positivista<sup>4</sup> da ciência, mostrando somente os resultados das descobertas, ignorando o percurso trilhado para se chegar a tais conceitos.

Assim, a nova HC tem a função de colaborar com a educação científica já realizada em sala de aula, humanizando e discutindo o conteúdo estudado. Ela contribui para colocar um fim

---

<sup>4</sup> Uma visão de ciência que tomou corpo com August Comte (1798-1857) em que a ciência progredia linearmente e apenas as “teorias” aceitas deveriam ser aquelas cujos saberes somaram e contribuíram para a ciência estabelecida em nossa época.

na repetição de informações que não podem ser compreendidas pelo educando, buscando estabelecer estratégias que permitem aos estudantes realizar um trabalho cognitivo e poderem superar seus obstáculos de aprendizagem (GAGLIARDI, 1998). Além disso, a HC pode contribuir para a ressignificação de conceito de Quantidade de Matéria, como afirma Saito (2013):

A História da Ciência deve ser tomada como ponto de partida para ressignificar os conteúdos e levantar discussões sobre diferentes modelos de conhecimento, preparando assim o discente para as questões epistemológicas mais relevantes. É nesse sentido que temos dirigido nossos esforços ao articular história e ensino de ciências. Em outros termos, a História da Ciência pode contribuir na preparação dos alunos para que eles possam formular questões epistemológicas importantes para se compreender a natureza da ciência (p. 192).

A partir do panorama apontado pela revisão da literatura e das motivações apresentadas para o emprego da HC no ensino, percebemos que criar estratégias didáticas que abordem a HC com viés no conhecimento escolar, pode minimizar os problemas apresentados pelos estudantes para a compreensão da grandeza Quantidade de Matéria.



## CAPÍTULO 2

---

### PERCURSO METODOLÓGICO

*Todo desenvolvimento verdadeiramente humano significa o desenvolvimento conjunto das autonomias individuais, das participações comunitárias e do sentimento de pertencer à espécie humana.*

*Edgar Morin, 2005.*

O percurso metodológico adotado nesta pesquisa é de natureza qualitativa, pois busca “compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo” (GODOY, 1995, p. 58).

A fim de responder a nossa questão de pesquisa e aos nossos objetivos de estudo, adotaremos o seguinte percurso metodológico:

#### **2.1. O PROCESSO DE COLETA DE DADOS:**

##### **2.1.1. Pesquisa documental e bibliográfica**

Para que possamos traçar o percurso trilhado pelos pesquisadores que estiveram envolvidos na construção dos conhecimentos relacionados à Quantidade de Matéria, realizamos uma pesquisa de cunho documental e bibliográfica. Para Gil (2008, p. 51) “a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico”. Já a pesquisa bibliográfica, Gil (2008) afirma que ela se utiliza essencialmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, sendo desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

Realizamos essa pesquisa *on line* nos acervos digitais de bibliotecas e museus estrangeiros e nacionais. Vale ressaltar que a pesquisa documental e bibliográfica foi intensificada nos primeiros semestres da pesquisa, pois acreditamos que somente com um embasamento teórico consistente poderíamos traçar a abordagem realizada em sala de aula.

### 2.1.2. Livros Didáticos de Química

#### *LDQ – PNLD 2015*

Inicialmente, fizemos uma leitura dos três volumes de cada obra, na busca de encontrarmos o assunto, objeto de nosso interesse. Depois de localizado, realizamos uma leitura do capítulo em que o assunto era tratado. Todas as obras analisadas eram suplementadas pelo manual do professor, que também foi levado em consideração em nossa investigação. Na tabela 1 seguem os dados dos volumes trabalhados:

Tabela 1: Livros analisados PNLD 2015.

Código de identificação dos livros	Título	Autor(es)	Edição/ Editora/Ano	Volume
LDQ1	Química	Martha Reis	1ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2013	1
LDQ2	Química	Eduardo Mortimer e Andréa Machado	2ª ed. São Paulo: Scipione, 2013	1
LDQ3	Química cidadã	Wildson Santos e Gerson Mól (Coords.)	2ª ed. São Paulo: AJS, 2013	2
LDQ4	Ser Protagonista – Química	Murilo Antunes (Ed. Resp.)	2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013	1

FONTE: As pesquisadoras.

#### *LDQ – PNLD 2018*

Realizamos também a análise das 6 obras indicadas pelo PNLD 2018. Os livros eram todos suplementados pelo manual do professor, que foram considerados na análise. A fim de manter a qualidade da análise, empregamos do mesmo método adotado para a análise das obras indicadas pelo PNLD 2015. As obras foram:

Tabela 2: Livros analisados PNLD 2018.

Código de identificação dos livros	Título	Autor(es)	Edição/ Editora/Ano	Volume
LDQ1	Química	Martha Reis	2ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2016	1
LDQ2	Química	Eduardo Mortimer e Andréa Machado	3ª ed. São Paulo: Scipione, 2016	1
LDQ3	Química cidadã	Wildson Santos e Gerson Mól (Coords.)	3ª ed. São Paulo: AJS, 2016	2
LDQ4	Ser Protagonista - Química	Júlio Lisboa (Ed. Resp.)	3ª ed. São Paulo: Edições SM, 2016	1
LDQ5	Química	Ciscato et al.	1ª ed. São Paulo: Moderna, 2016	1
LDQ6	Vivá - Química	Novais e Tissoni	1ª ed. Curitiba: Positivo, 2016	1

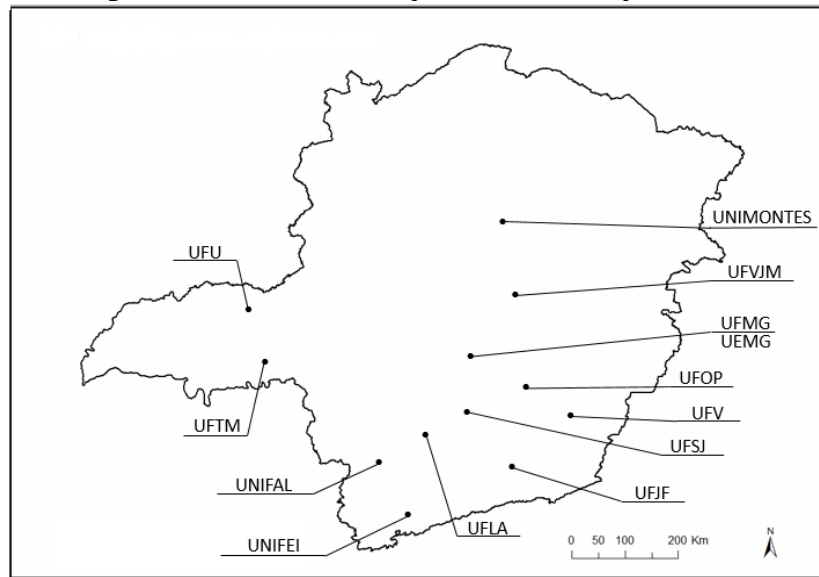
FONTE: As pesquisadoras.

### 2.1.3. Questionário aos Docentes

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 (Apêndice 1) que foi enviado no segundo semestre de 2015 e, posteriormente em uma segunda tentativa, no primeiro semestre de 2016. Realizamos duas tentativas, uma vez que recebemos um número bastante reduzido de questionários respondidos no primeiro envio. O questionário foi encaminhado aos 270 profissionais dos departamentos de química<sup>5</sup> que tinham seus e-mails disponibilizados nos sites ou cedidos mediante nosso pedido às secretarias departamentais das instituições.

<sup>5</sup>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

Figura 2: Universidades as quais enviamos o questionário.



FONTE: As pesquisadoras.

Na Tabela 3, mostramos as perguntas do questionário:

Tabela 3: Perguntas do questionário enviado aos Docentes das Universidades.

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:

FONTE: As pesquisadoras.

Seguindo o referencial de Minayo (2004), utilizamos de um questionário semiestruturado pois “combina perguntas fechadas (ou estruturadas) e abertas, onde o

entrevistado tem a possibilidade de discorrer sobre o tema proposto, sem respostas ou condições prefixadas pelo pesquisador” (p. 108).

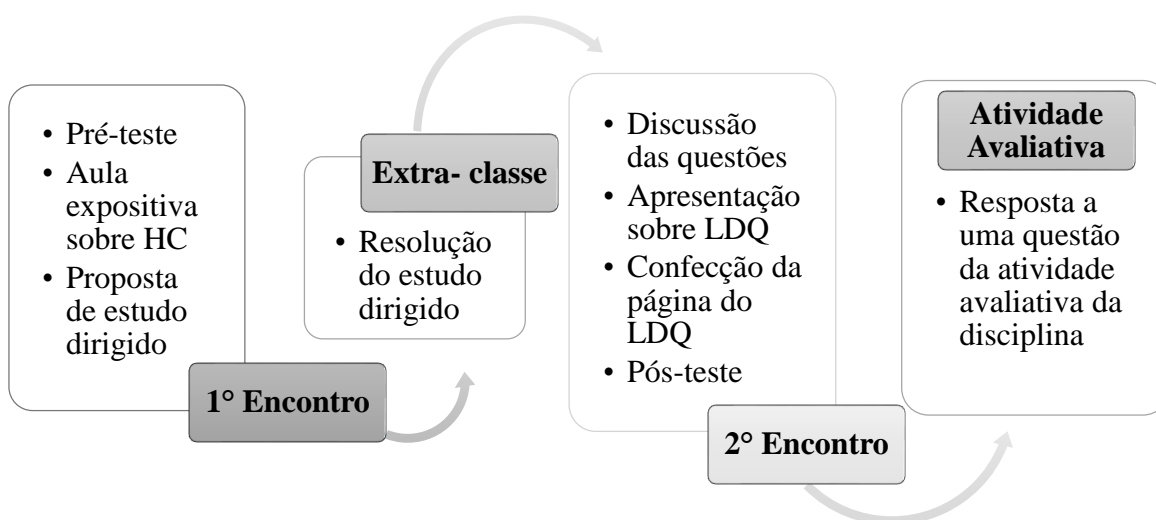
#### 2.1.4. Intervenção na Graduação

Utilizamos como instrumentos de coleta de dados da pesquisa, o pré-teste (Apêndice 3); as respostas ao estudo dirigido (Apêndice 4); confecção da página para um livro didático fictício; as respostas à questão da avaliação (Apêndice 5) e pós-teste (Apêndice 6). Em relação ao pré-teste, pós-teste e estudo dirigido, esses foram elaborados seguindo os aportes de Gil (2008). Os questionários foram autoaplicados, que segundo o autor, são aqueles que o investigado responde sem a interferência do pesquisador, contendo questões dissertativas.

Por se tratar de dimensões epistemológicas, as categorias foram escolhidas *a priori*, sendo elas: resposta correta, parcialmente correta<sup>6</sup>, incorreta e não respondeu; já para a questão na qual o estudante indicava sua opinião, as categorias foram definidas *a posteriori*.

A intervenção seguiu o seguinte percurso:

Figura 3: Percurso empregado na proposta de intervenção.



FONTE: As pesquisadoras.

É importante salientar que nossa estratégia didática passou antes por uma validação, na mesma disciplina de Introdução à Educação Química, a qual é oferecida anualmente. No ano anterior aos resultados apresentados no capítulo seis, realizamos a intervenção com os discentes

<sup>6</sup> Consideramos como resposta parcialmente correta, quando o estudante desenvolveu parte do seu raciocínio corretamente e se perdeu ou confundiu em algum momento.

da disciplina, momento no qual pudemos analisar se nossos instrumentos de avaliação foram bem confeccionados e se estávamos conseguindo abarcar neles às necessidades que julgávamos essenciais para nossa futura análise.

## **2.2. PROCESSO DE ANÁLISE DOS DADOS:**

### **2.2.1 A História da Ciência**

A HC apresenta uma peculiaridade, pois assume uma metodologia própria, “que não é nem a metodologia da História e nem a metodologia da Ciência, uma vez que é um tipo de estudo de natureza diferente dos dois anteriores” (MARTINS, 2005, p. 306). Ao analisar obras antigas é necessário tomar certas precauções de forma a não influenciar os resultados obtidos, mantendo-os mais fidedignos possível.

Alguns desses cuidados são apontados por Martins (2001):

- Não deve-se transportar ingenuamente o presente para o passado;
- Não procurar trajetões lineares;
- O historiador deve ser imparcial;
- Atenção com o anacronismo;
- Intencionalidade: selecionar ou distorcer evidências para demonstrar algo;
- Esquematismo: ficar na superfície das coisas.

Além desses cuidados, Thuillier e Tulard (1991) afirmam que o historiador da ciência deve ter ética ao realizar as análises das obras adotando alguns cuidados, tais como: não fazer afirmações sem consultar o documento pessoalmente; indicar o grau de confiabilidade ou incerteza do documento; manter um distanciamento pessoal em relação ao objeto de pesquisa.

### **2.2.2 A Análise de Conteúdo**

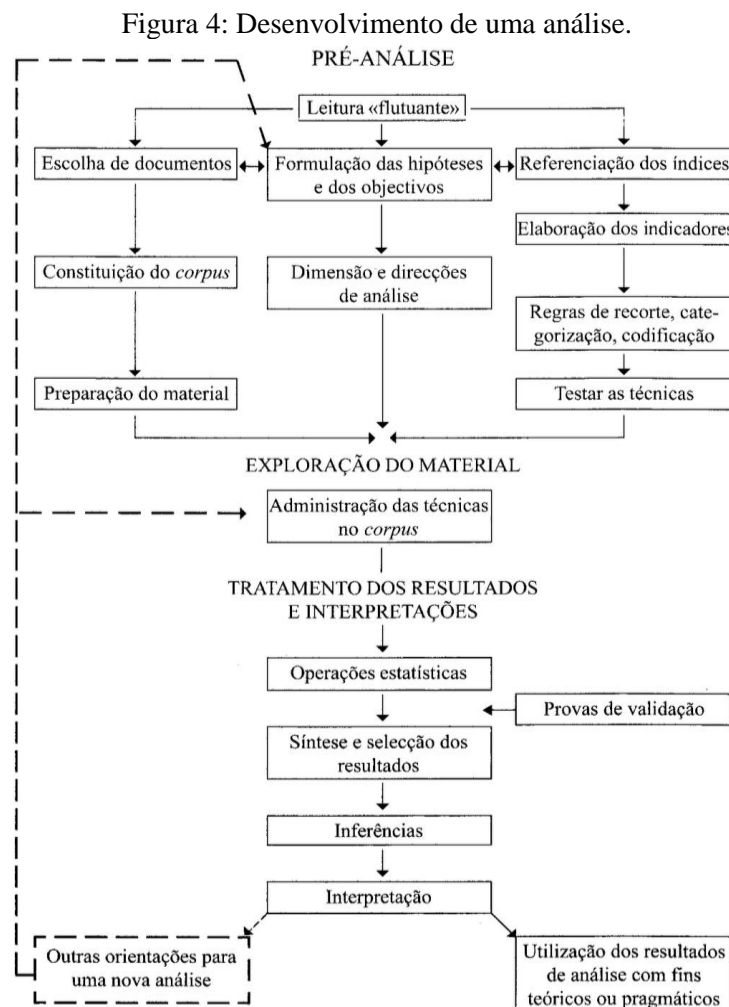
Para analisar os dados dos questionários enviados aos docentes, antes da intervenção que realizamos nas turmas de graduação, empregamos, devido ao volume de conteúdo adquiridos, a Análise de Conteúdo (AC). Esse material, constituiu o nosso *corpus* de análise o qual, segundo Bardin (2011), é o conjunto de documentos que serão levados em conta na análise.

Bardin (2011) define a AC 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).

O ponto de partida da AC é a mensagem, seja ela verbal (oral ou escrita), gestual, silenciosa, figurativa ou documental, que expressa um significado e um sentido, atrelados às condições contextuais, que envolvem o âmbito sócio histórico, cultural e político em que estão inseridos, bem como “o acesso aos códigos linguísticos, o grau de competência para saber decodificá-los, o que resulta em expressões verbais (ou mensagens) carregadas de componentes cognitivos, afetivos, valorativos e historicamente mutáveis” (FRANCO, 2012, p. 13).

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 (BARDIN, 2011). Como sugerido na figura 4:



### 2.2.3 A análise dos Livros Didáticos

A análise dos LDQ foi realizada em duas etapas, em que nos debruçamos na parte histórica e na percepção conceitual da temática.

Na tentativa de obtermos uma análise histórica dos LDQ, as categorias utilizadas para a análise dos dados referentes à temática Quantidade de Matéria, mol e constante de Avogadro, foram inspiradas no trabalho de Laurinda Leite (2002) e adaptada por Vidal (2009).

Essa pesquisadora [Laurinda Leite], após realizar levantamento bibliográfico, afirmou não haver encontrado nenhum instrumento adequado para a análise do conteúdo histórico presente nos livros didáticos de ciências. A partir dessa constatação, Leite desenvolveu um instrumento para preencher essa lacuna, de modo a auxiliar professores na análise crítica dos conteúdos de história da ciência encontrados em materiais didáticos. Leite reconheceu que o aprendizado sobre a natureza da ciência, e o conhecimento de alguns fatos históricos do desenvolvimento da ciência, são importantes para os diversos níveis de ensino. Todavia, nem sempre os professores possuem formação em história da ciência e, conseqüentemente, utilizam os materiais históricos provenientes dos livros didáticos (VIDAL, 2009, p. 43-44).

Assim, trabalhamos com as seguintes categorias:

C1: Vida dos personagens

C2: Características dos personagens

C3: Abordagem das ideias/descobertas

C4: Evolução da ciência

C5: Quem faz a ciência

C6: Materiais utilizados para apresentar a informação histórica

C7: Contextos aos quais a informação histórica está relacionada

Para obtermos uma análise do tema, nos inspiramos no trabalho desenvolvido por Rogado<sup>7</sup> (2000) em sua dissertação de mestrado, na qual o autor analisou mais de quatro dezenas de LDQ<sup>8</sup>, em que buscava compreender como o conceito de Quantidade de Matéria era tratado.

---

<sup>7</sup> Na época do desenvolvimento de seu trabalho, ainda era usado número de mols como sinônimo para Quantidade de Matéria.

<sup>8</sup> Na época de sua pesquisa, não havia ainda o PNLD com indicações de livros para serem adotados no Ensino Médio. Assim, o pesquisador analisou as obras que eram mais empregadas pelas instituições de ensino e também os livros indicados pelos professores participantes de sua pesquisa. “O atendimento do Ensino Médio foi instituído progressivamente. Em 2004, seu primeiro ano de execução, foram adquiridos livros de matemática e português para os alunos do 1º ano do Norte e do Nordeste”. (<http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/historico>). Acessado em agosto de 2016.



Nesse sentido, Rogado utiliza das seguintes questões norteadoras a fim avaliar igualmente os diferentes títulos pesquisados:

Q1: Explica-se o problema geral que o conceito de mol busca resolver?

Q2: A grandeza Quantidade de Matéria é introduzida de forma explícita no texto?

Q3: No texto aparecem perguntas, questões, exercícios ou atividades sobre Quantidade de Matéria?

Q4: Os textos apresentam questões, perguntas, exercícios ou atividades nas quais é solicitado o cálculo da Quantidade de Matéria?

## CAPÍTULO 3

---

### A CONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO QUANTIDADE DE MATÉRIA: DELINEANDO OS CAMINHOS

*Parece-me provável que Deus, no início, formou a matéria em partículas sólidas, maciças, duras, impenetráveis e móveis, de tamanhos e formatos tais, e com tais outras propriedades, e em tal proporção, de modo a melhor conduzi-las à finalidade para a qual Ele as formou; e que essas partículas primitivas, sendo sólidas, são incomparavelmente mais duras do que quaisquer corpos porosos compostos por elas. São tão duras que nunca se desgastariam ou se quebrariam. Nenhum poder comum seria capaz de dividir o que o próprio Deus fez uno, na primeira criação.*

*Isaac Newton, 1704.*

No início do século XIX, John Dalton, defensor das ideias atomistas, publicou em 1808 “*A New System of Chemical Philosophy*”, em que elaborou uma teoria de que a matéria se constituía de átomos. Assim, preocupou-se em criar um sistema de símbolos que, além de representar os elementos, indicava também seus pesos atômicos. Em seguida, 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*” de 1809, Gay-Lussac enunciou uma lei que ficou conhecida como “Lei das Combinações Volumétricas”, sobre a qual Amedeo Avogadro se debruça mais tarde.

Vale ressaltar, que longe de ser um consenso, a questão da existência ou não do átomo era presença nos mais ferrenhos debates entre os estudiosos europeus. Apenas para exemplificar alguns deles, como Humphry Davy (1778-1829) e Friedrich A. Kekulé (1829-1896), consideravam que o atomismo consistia numa ferramenta útil para estudar as substâncias e não negavam a importância do emprego desse conceito, como afirma Kekulé:

Eu não hesito em dizer que, de um ponto de vista filosófico, eu não acredito na existência real de átomos, tomando a palavra no seu significado literal de partículas indivisíveis de matéria. Eu prefiro esperar que nós possamos algum dia encontrar, para o que nós agora chamamos átomos, uma explicação mecânico-matemática para o peso atômico, a atomicidade e numerosas outras propriedades dos chamados átomos. Como químico, porém, eu recomendo a suposição de átomos, não apenas como recomendável, mas como absolutamente necessária à Química. Eu irei até mais longe, e declaro minha crença de que átomos químicos existem, de modo que o termo seja

compreendido para denotar aquelas partículas da matéria que não possam ser submetidas a divisões posteriores em metamorfoses químicas. Deverá o progresso da Ciência levar a uma teoria da constituição de átomos químicos, importante tal como um conhecimento poderia ser para a filosofia geral da matéria, isto seria apenas uma pequena alteração na própria Química. O átomo químico permanecerá sempre a unidade química (KEKULÉ, 1870 *in* MIERZECKI, 1991, p. 129).

Todo o debate que envolveu a ciência durante o final do século XVIII e início do século XIX, somente foi possível devido ao aumento de pesquisadores interessados, contribuindo para uma intensificação na divulgação científica. Nessa época surgiram os periódicos, além do aumento e desenvolvimento das academias científicas, na busca por maior especialização dos pesquisadores. Foi também durante esse século, que foi proposta a palavra cientista por William Whewell (1794-1866) para a Associação Britânica para o Progresso da Ciência da Grã-Bretanha (ROSS, 1962; HARRISON, 2006).

Para tanto, no presente capítulo nos propusemos a fazer uma reconstrução histórica sobre o assunto, buscando abordar os conceitos atômicos presentes em John Dalton e o acirrado debate iniciado a partir deles que acabam por arquitetar o conceito da constante de Avogadro, várias décadas depois. Escolhemos alguns episódios históricos e seus partícipes, iniciando com a definição de átomo por John Dalton, e encerrando com a definição da constante de Avogadro por Jean Perrin em 1909. Acreditamos que a partir dos episódios escolhidos, conseguimos abarcar conhecimentos suficientes para que os estudantes ressignifiquem o conceito de Quantidade de Matéria dentro do contexto do conhecimento escolar.

### 3.1 O pesquisador John Dalton e sua Teoria Atômica

John Dalton teve uma formação educacional de cunho informal, voltada principalmente para a matemática e a física e não fazia parte de sua rotina trabalhar com a química. Desenvolveu seus primeiros estudos em sua terra natal, Eaglesfield - Inglaterra, sendo membro da Sociedade de Amigos<sup>9</sup>. Mudou-se para Manchester em 1793, mesmo não tendo chegado ao nível universitário, lecionou Matemática e Filosofia Natural no *New College*. Em 1794, associou-se à *Manchester Literary and Philosophical Society*, sendo secretário durante o período de 1800 a 1816, e presidente de 1817 a 1844, nessa Sociedade o pesquisador apresentou 116 memórias que foram publicadas em seus periódicos (PARTINGTON, 1962).

---

<sup>9</sup> Criada em 1652, pelo inglês George Fox (1624-1691), a Sociedade dos Amigos reagiu contra os abusos da Igreja Anglicana, colocando-se sob a inspiração direta do Espírito Santo. Quaker é o nome dado a um membro de um grupo religioso de tradição protestante (PINTO, 2008).

Como afirmam Viana e Porto (2007), Dalton foi muito influenciado pelo pensamento de Isaac Newton (1643-1727), amplamente divulgado nos séculos XVIII e XIX na Inglaterra, fazendo com que o pesquisador adquirisse uma concepção corpuscular para a matéria. Vale ressaltar que os trabalhos de Lavoisier, também muito divulgados neste período, compuseram juntamente com os estudos de Newton, uma forte base para Dalton. Ele desenvolveu vários trabalhos até culminar na teoria atômica, sendo:

- » 1801: Lei das Pressões Parciais dos Gases;
- » 1803: Primeira tabela de pesos atômicos (publicada em 1805);
- » 1807: Primeira publicação da teoria atômica de Dalton, por Thomas Thomson (*System of Chemistry*);
- » 1808: Publicação da primeira parte do livro mais importante de Dalton, o *New System of Chemical Philosophy*, com seu próprio relato da teoria atômica.

Um episódio da HC que até a atualidade gera muitos debates, relaciona-se com a origem da hipótese atômica de Dalton (ROSCOE e HARDEN, 1896; NASH, 1956; ROCKE, 2005; entre outros). Os motivos que podem ter gerado tantas discussões foram elencados por Nash (1956), sendo eles:

Primeiro, o próprio Dalton apresentou três explicações contraditórias para a trajetória que originou a sua proposta teórica; algumas incoerências são identificadas no confronto das informações de diferentes fontes históricas. Segundo, os documentos contendo a sua teoria atômica sofreram alterações entre a apresentação pública e a publicação. Como secretário da sociedade, estava em posição de adaptá-los às novas descobertas, assim, a versão sobre a origem da sua teoria não pode tomar como base apenas a suposta sequência de suas ideias e datas contidas nos registros. Finalmente, as informações obtidas das anotações diárias feitas por Dalton nos cadernos de laboratório estão incompletas e carecem de datas importantes, muitos documentos foram destruídos durante a Segunda Guerra Mundial (p.101).

Como afirmam Bensaude-Vicente e Stengers (1992) “os átomos daltonianos têm apenas um vago parentesco com os homônimos antigos. Diferem pela sua definição: não são unidades mínimas de composição da matéria, mas sim unidades mínimas de combinação” (p.168).

Dalton nutria um grande interesse pela meteorologia, com o objetivo de estudar os gases constituintes da atmosfera, ele publicou em 1793 o trabalho “*Meteorological Observations and Essays*”, em que se podia observar os resultados dos primeiros trabalhos por ele desenvolvidos no âmbito da meteorologia e física do estado gasoso. A partir da busca por explicações para as

questões relacionadas à atmosfera e aos gases, Dalton considerou serem possíveis diferenças de massas entre os átomos de diferentes substâncias elementares.

No início do século XIX, ainda não havia possibilidade de determinar as massas<sup>10</sup> absolutas<sup>11</sup> dos átomos, sendo necessário trabalhar a partir de massas relativas, o que implicava na escolha de um padrão, ou seja, um átomo de referência (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 1994). Antes de Dalton, o padrão utilizado era o de Richter<sup>12</sup>, que fixava o equivalente pela neutralidade do composto (BENSAUDE-VICENTE e STENGERS, 1992). Dalton foi o primeiro que definiu o hidrogênio como padrão para medir os pesos atômicos, “o peso atômico de cada elemento é a quantidade ponderal que se une com um grama de hidrogênio para formar a combinação mais estável” (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992, p. 165).

A primeira tabela desenvolvida por Dalton para as massas atômicas foi fundamentada por trabalhos de outros cientistas. Dalton tomou como base a análise da água feita por Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), em que ela seria composta por 85% de oxigênio e 15% de hidrogênio em massa, da análise de Austin para a amônia, que seria de 80% de nitrogênio e 20% de hidrogênio em massa e da análise de Richard Chenevix (1774-1830) para o ácido sulfúrico, que indicava constar em massa de 61, 2% de enxofre e 38,8% de oxigênio. De posse desses valores, Dalton pôde indicar as proporções das substâncias nas reações químicas e propor valores para as massas atômicas relativas (NASH, 1956).

Em 1801, Dalton leu para o público presente na *Manchester Literary and Philosophical Society*, o seu texto “*On the constitution of mixed gases; on the force of steam or vapour from water and other liquids in different temperatures, both in Torricellian Vacuum and in air; on evaporation; and on the expansion of gases by heat*”. O qual foi publicado em 1802 nas Memórias da Sociedade. Nele, Dalton descreveu o seu modelo, que mais tarde ficou conhecido como Lei das Pressões Parciais. Este trabalho surgiu a partir dos estudos realizados com as misturas de gases e a absorção deles em água. Dalton afirmou que:

Quando dois fluidos elásticos, denotados por A e B, são misturados, não existe repulsão mútua entre suas partículas; isto é, as partículas de A não repelem as partículas de B, como se repelem entre si. Consequentemente, a pressão ou

---

<sup>10</sup> Nesta época utilizava-se a palavra ‘peso’ para designar o que hoje sabemos que representa a ‘massa’, assim, quando os estudiosos mostravam seus resultados de peso relativo, estavam na verdade, calculando a massa relativa.

<sup>11</sup> O cálculo das massas absolutas dos átomos só foi possível quando a metodologia científica permitiu que a constante de Avogadro fosse determinada com relativa precisão (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 1994).

<sup>12</sup> Richter tinha por objetivo buscar a matematização da química, ele publicou “tabelas que definiam de forma sistemática as relações estequiométricas entre ácidos e bases que se neutralizam mutuamente” (BENSAUDE-VICENTE e STENGERS, 1992, p. 103).

peso total sobre qualquer partícula deve-se apenas àquelas de sua própria espécie (DALTON, 1805, p. 536).

Os trabalhos desenvolvidos por Dalton foram de grande valia para suas conclusões referentes à teoria atômica:

Anos mais tarde o próprio Dalton confessaria, numa conferência proferida na *Royal Institution*, em Londres, que sua teoria atômica lhe veio a partir da lei das pressões parciais. A independência de um gás em relação a outro seria devida aos diferentes tamanhos das partículas que os constituíam. Mais tarde também lhe ocorreu a ideia de que seus pesos também seriam diferentes (FILGUEIRAS, 2004, p.41).

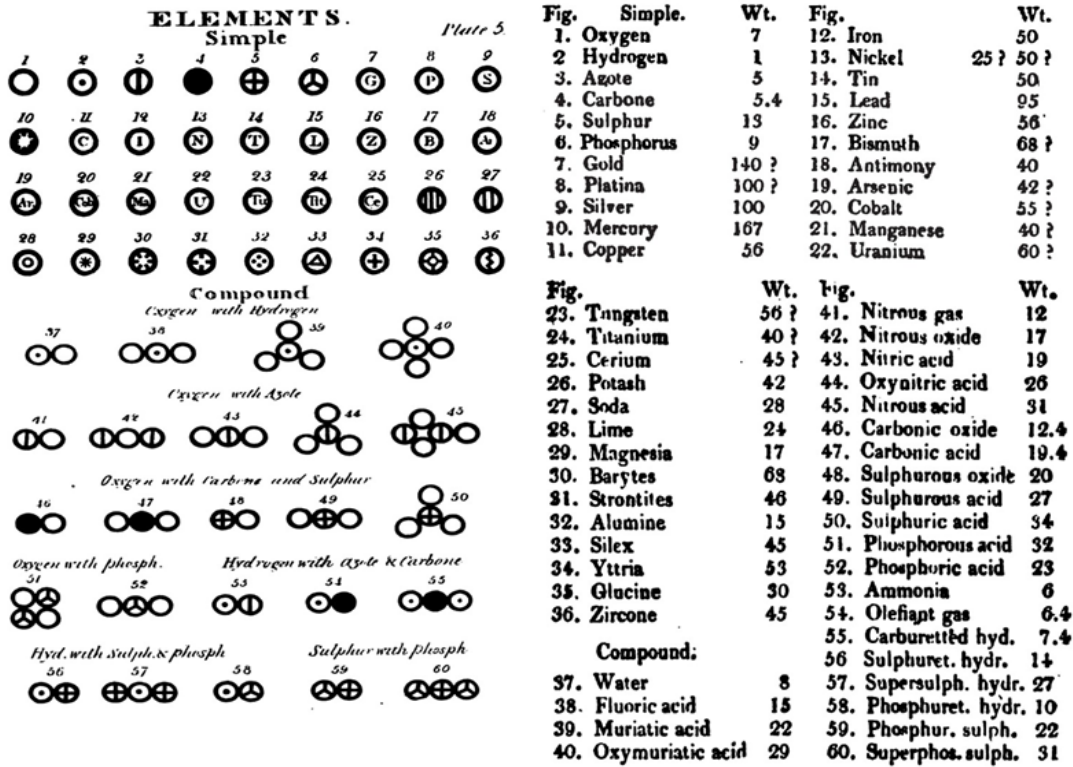
Posteriormente, em 1808, ele publicou a primeira parte do livro “*A New System of Chemical Philosophy*” a segunda e a terceira parte foram publicadas em 1810 e 1827, respectivamente. No primeiro exemplar, o estudioso afirmou que os corpos eram constituídos por partículas denominadas átomos: “Todos os corpos de magnitude razoável, líquidos ou sólidos, são constituídos de um grande número de partículas extremamente pequenas, ou átomos de matéria unidos por uma força de atração” (DALTON, 1808, p. 141).

Dalton representou as partículas como círculos que apresentavam pesos diferentes. A seguir, podemos ver a representação<sup>13</sup> de átomos de diferentes elementos e compostos:

---

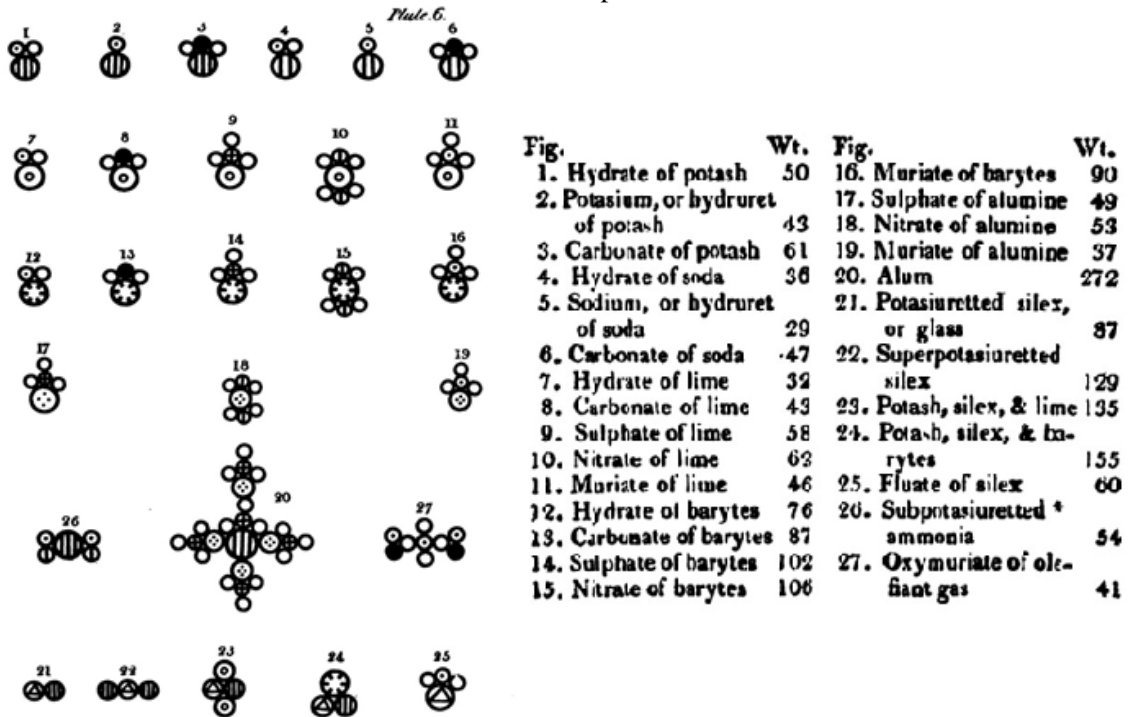
<sup>13</sup> Estas representações fazem parte do segundo volume de *A New System of Chemical Philosophy* em que Dalton estendeu e corrigiu informações das representações apresentadas no volume 1.

Figura 5: Representação dos átomos e átomos compostos por John Dalton e Imagem da legenda montada por Dalton para os átomos.



FONTE: DALTON, 1810, p.561 e 546-547.

Figura 6: Representação dos átomos compostos e Imagem da legenda montada por Dalton para os átomos compostos.



FONTE: DALTON, 1810, p. 562-547.

Pode-se observar pelas representações, que o estudioso ilustrava os “*átomos compostos*” diferentes por círculos de tamanhos diferentes. Ainda afirmou, que todos as partículas finais homogêneas eram perfeitamente iguais em imagem e peso, logo, átomos de um mesmo elemento seriam idênticos, “em outras palavras, cada partícula de água é como todas as outras partículas de água; cada partícula do hidrogênio é como todas as outras partículas de hidrogênio” (DALTON, 1808, p. 143).

Embora os alquimistas tenham utilizado símbolos para representar quantidades indeterminadas de seus ‘elementos’, os símbolos criados por Dalton definitivamente referem-se a um único átomo do elemento simbolizado; e ao invés de usar novos símbolos para substâncias mais complexas, a composição do composto é sistematicamente representada como uma combinação dos símbolos para os átomos segundo os quais se supõe que seja constituído. Essa representação também enfatiza o conceito que Dalton tem da formação de um composto, como a aplicação direta ou a adição de um átomo de um elemento a um ou alguns átomos de um outro elemento, ao invés de um agregado vago de um número indeterminado de partículas de diferentes elementos (NASH, 1957, p. 232).

Tratando da força de atração e repulsão dos corpos, Dalton acreditava que cada átomo estaria rodeado de uma atmosfera de calórico formada de uma substância fluida, rarefeita, passível de penetrar ou escapar de qualquer lugar. Sendo que a atmosfera de calor impediria os átomos iguais de serem atraídos e terem contato real. Dalton ainda distinguiu corpos simples, afirmando que estes não foram decompostos, mas são passíveis de se combinar. Já os corpos compostos são constituídos pela combinação de átomos diferentes. O pesquisador embasou-se na Lei de Proust para sugerir que as combinações químicas eram feitas por unidades discretas, átomo por átomo, chamando de regra da simplicidade a combinação dos átomos componentes segundo proporções numericamente simples (DALTON, 1808).

1 átomo de A + 1 átomo de B = 1 átomo de C, binário.  
 1 átomo de A + 2 átomos de B = 1 átomo de D, ternário.  
 2 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de E, ternário.  
 1 átomo de A + 3 átomos de B = 1 átomo de F, quaternário.  
 3 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de G, quaternário (DALTON, 1808, p. 213).

Dalton sugere assim, a Lei das Proporções Múltiplas, afirmando que quando dois corpos se combinavam em proporções diversas para formar compostos diferentes, existia uma relação simples entre os vários pesos de um deles que se combinam com um mesmo peso do outro (DALTON, 1808).



- 1° Quando somente uma combinação de dois corpos pode ser obtida, deve-se presumir que seja binária, a menos que alguma causa aponte para o contrário.
- 2° Quando duas combinações são observadas, deve-se presumir que irão formar uma binária e uma ternária.
- 3° Quando três combinações são obtidas, podemos esperar que uma seja binária e as outras duas sejam ternárias.
- 4° Quando quatro combinações são observadas, devemos esperar uma binária, duas ternárias e uma seja binária, duas terciárias e uma quaternária, etc.
- 5° Um composto binário deve sempre ser especificamente mais pesado do que a mistura dos dois integrantes.
- 6° Um composto ternário deve ser especificamente mais pesado do que a mistura de um binário e um simples, os quais se combinados, o constituem.
- 7° As regras e observações acima são igualmente aplicadas, quando dois corpos, como C e D, D e E, etc, são combinados (DALTON, 1808, p.214).

Acreditando na regra da simplicidade, Dalton estimou os pesos atômicos de acordo com as razões de massa em que se combinavam com o átomo de hidrogênio tomado como unidade<sup>14</sup>, “o peso atômico do átomo de hidrogênio é indicado por 1, sendo um padrão de comparação para os outros átomos elementares” (DALTON, 1810, p. 229).

O filósofo natural também estimou que a combinação de átomos suscitaria em geometrias específicas, de modo a minimizar as forças repulsivas:

Quando um elemento A tem afinidade química por um elemento B, eu não vejo nenhuma razão mecânica para que vários átomos de B não estejam combinados com o de A... exceto se as repulsões entre os átomos de B forem maiores do que a atração entre estes e os átomos de A. Logo a repulsão se inicia com 2 átomos de B e 1 de A ; nesse caso os átomos de B estão situados em lados diametralmente opostos; a repulsão entre os átomos de B irá aumentar com 3 átomos de B e 1 de A; nesse caso, os átomos de B estarão dispostos em uma distância de 120°; com 4 átomos de B a repulsão seria ainda maior e a distância entre esses átomos seria de 90° (DALTON, 1811, p. 147).

O que podemos perceber na teoria de Dalton, é que não havia ainda uma definição para o que ele denominava “partícula elementar”, e que ele empregava o mesmo termo para tratar de átomos simples e átomos compostos<sup>15</sup>. Em relação ao peso atômico, a regra criada por ele para realização das medidas pode ter influenciado nos resultados encontrados. Como consequência, a hipótese atômica não fora bem acolhida a princípio pela comunidade científica europeia. A dificuldade em diferenciar os átomos simples de átomos compostos pelo próprio Dalton fazia com que suas ideias fossem criticadas. Claude Louis Berthollet (1748-1822) discute a arbitrariedade das regras de simplicidade adotadas por Dalton (BENSAUDE-

<sup>14</sup>As tabelas com os pesos atômicos foram publicadas juntamente com as representações dos átomos, podendo ser consultadas nas figuras 5 e 6 deste capítulo.

<sup>15</sup> Atualmente conhecido como moléculas.

VICENTE e STENGERS, 1992; OKI, 2009). Na tradução do livro *System of Chemistry*<sup>16</sup> (1807) de Thomas Thomson (1773-1852) para o francês realizada por Berthollet, ele fez intervenções na obra original, tendo afirmado que a combinação 1:1 era arbitrária, mostrando ser uma hipótese especulativa sobre o número, o arranjo e a geometria das moléculas, com resultados não coincidentes em todas as experiências realizadas (PARTINGTON, 1962).

Berthollet assim como outros cientistas franceses, como por exemplo Gay-Lussac formavam uma comunidade de químicos bastante consolidada e influente na Europa. Na França esses pesquisadores se dedicavam, naquela época, ao estudo das transformações químicas e o conhecimento sobre o átomo não era o enfoque (ROSA, 2012).

Já na Inglaterra, que apresentava em seu histórico estudiosos que há muito tempo se debruçavam sobre a estrutura da matéria, como por exemplo, Isaac Newton (1643-1727) e Robert Boyle (1627-1691) a teoria de Dalton fora melhor recebida, como por exemplo, o já citado, Thomas Thomson (BENSAUDE-VICENTE e STENGERS, 1992). Tendo como exceção e crítico Humphry Davy (1778-1829) que se mostrou contrário às ideias de Dalton, enfatizando os trabalhos de William Higgins (1762-1825) - que também realizava estudos sobre o átomo - em detrimento aos de Dalton. Para John Bostock (1773-1846), a regra da máxima simplicidade era arbitrária pois não se fundamentavam em bases empíricas, além de não coincidir com algumas análises efetuadas, dando como exemplo, as proporções reacionais encontradas por Thomson (PARTINGTON, 1962).

### 3.2 O trabalho de Gay-Lussac

Louis-Joseph Gay-Lussac foi formado na *École Polytechnique* em 1800, um ano depois, foi admitido como assistente de Berthollet na Sociedade de Arcueil, composta por proeminentes químicos, dentre os quais o estudioso acabou por ocupar lugar de destaque.

Ele publicou em 1801 nos *Annales de Chimie* a memória “*Sur la dilatation des gaz et des vapeurs*”, sendo o primeiro trabalho realizado de maior significância, o qual versava sobre a expansão térmica dos gases. Partindo de trabalhos anteriores publicados por Jacques Alexandre César Charles<sup>17</sup> (1746-1823), Gay-Lussac mostrou que uma amostra de gás quando

---

<sup>16</sup> Thomson foi o propagador das ideias de Dalton na França, ele discutiu publicamente a hipótese de Dalton, antes mesmo da publicação de *New System of Chemical Philosophy*.

<sup>17</sup>“A lei quantitativa da expansão térmica é conhecida como ‘Lei de Charles’, contudo Charles não determinou o coeficiente de expansão e apontou uma expansão desigual para os gases solúveis. A mesma pesquisa foi realizada por John Dalton, quase simultaneamente, porém seu trabalho [o de Dalton] foi considerado menos preciso” (CAMEL e FILGUEIRAS, 2013, p. 738).

aquecida, mantendo-se a pressão constante, sofria um aumento de volume proporcional ao aumento da temperatura. Concluindo também, que partindo do mesmo volume inicial, o aumento de volume era igual para todos os gases, que fossem submetidos ao mesmo aumento de temperatura. Em 1805, Gay-Lussac juntamente com Alexandre von Humboldt (1769-1859), constataram que 200 volumes de hidrogênio combinavam-se com 100 volumes de oxigênio. Como ilustrado na figura 7.

Figura 7: Cálculo do volume de vapor realizado por Gay-Lussac.

*Calcul du volume de  
vapeur que donne l'eau*

1 lit oxygène gaze	1 <sup>er</sup>	435,43	
2 --- hydrogène	0,	178,69	
		1. 614,12	

ainsi 1<sup>er</sup> 614,12 font 2 litres  
 et 1 gramme = 1238,8<sup>cc</sup> à 0°  
 et à 100°

$$1 \text{ gr. eau} = 1238,8 + \frac{100 \text{ de } 1238,8}{273}$$

$$= 1238,8 + 453 = 1691,8$$

= tout près de 1700 fois  
 son volume

---

*Calcul de l'exp B p. f.*

Somme des vol = 1100.0  
 absorp = - - - - - 55

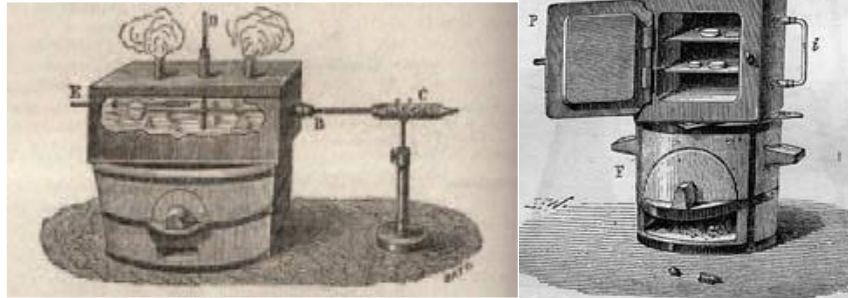
volume restant = 1045 =  $\begin{cases} 60,6 \text{ Hyd} \\ 984,4 \text{ oxy} \end{cases}$

60,6 H : 984,4 O<sub>2</sub> :: 100 : x = 1624,4

FONTE: Bibliothèque de l'École polytechnique.

Em 1808, em seu texto “*Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*” ele enunciou a lei conhecida como Lei das Combinações Volumétricas em que relacionava os volumes dos reagentes gasosos em uma reação química. Nessa obra, foi discutido o mesmo experimento para outros gases com o objetivo de observar se a proporção volumétrica ocorria também com outras substâncias (GAY-LUSSAC, 1808).

Figura 8: Equipamentos utilizados por Gay-Lussac, artefato para medir a expansão dos gases e uma balança, respectivamente.



FONTE: TADDIA, 2007, p.144 e 145.

Em uma tabela, Gay-Lussac mostrou os resultados dos experimentos por ele realizados a partir de comparações de trabalhos de alguns pesquisadores (Figura 9) que versavam sobre a temática, tais como Dominique François Jean Arago (1786-1853), Jean-Baptiste Biot (1774-1862), Davy, Berthollet, Barão de Thénard (1777-1857) (GAY-LUSSAC, 1808, p. 252).

Gases [...] combinam-se entre si em proporções muito simples, e a contração de volume que eles experimentam durante a combinação também segue uma lei regular. Compostos de substâncias gasosas umas com as outras são sempre formados nas razões mais simples (nas proporções mais simples) e de forma que quando um dos termos é representado pela unidade, o outro é 1 ou 2 ou no máximo 3 (GAY LUSSAC, 1808, p. 217 e 218).

Figura 9: Tabela de densidades de vapor.

<i>DENSITÉS de diverses substances gazeuses, simples ou composées.</i>		
SUBSTANCES.	Densités déterminées par l'expérience.	Densités calculées d'après la proportion des éléments et la contraction de volume.
Air atmosphérique...	1,00000	
Gaz oxigène.....	1,10359	} en supposant que la contraction des élém. soit de la moitié du volume total.
Gaz azote.....	0,96913	
Gaz hydrogène.....	0,07321	
Gaz acide carbonique.	1,51961	
Gaz ammoniacal....	0,59669	0,59438
Gaz muriatique.....	1,278	} en supposant la contraction des élém. de tout le volume du gaz oxigène.
Gaz oxide d'azote...	1,61414	
	1,36293	1,52092
Gaz nitreux.....	1,0588	} en supposant la contraction des élém. de moitié du volume total.
Gaz sulfureux.....	2,265	
Gaz oxide de carbone.	0,9569	0,96782
Vapeur d'eau.....	0,6896	0,625
Gaz muriat. oxigéné.	2,470	2,468

FONTE: GAY-LUSSAC, 1808, p. 252.

Gay-Lussac deixou explícito em sua comunicação, que as relações volumétricas encontradas por ele não eram observadas em sólidos e líquidos, aplicando-se somente a gases (GAY-LUSSAC, 1808). Ele não utilizou ideias atomistas em seus trabalhos, principalmente por respeito ao seu mentor Berthollet que era antiatomista, não sendo favorável à teoria atômica de Dalton (CAMEL e FILGUEIRAS, 2013). Tentando conciliar as duas concepções, ele escreveu:

O Sr. Dalton afirmou que as combinações entre dois corpos acontecem de modo que um átomo de um se une a um átomo do outro, ou a dois, ou a três ou a um número maior. Resulta dessa maneira de conceber as combinações que elas ocorrem mantendo proporções constantes, sem que haja intermediários, e nesse aspecto a teoria do Sr. Dalton se aproxima daquela do Sr. Proust. Os numerosos resultados, que forneço nesse artigo, são também muito favoráveis a essa teoria. O Sr. Berthollet, entretanto, pensa que as

combinações ocorrem de maneira contínua e cita como prova os sulfatos ácidos, os vidros, as ligas, as misturas de diversos líquidos, todos compostos muito variáveis nas suas proporções. Inicialmente, é necessário admitir em consonância com o Sr. Berthollet que a ação química se exerce indefinidamente de maneira contínua entre as moléculas dos corpos, qualquer que seja o número delas ou a proporção, e que em geral permite obter compostos em proporções muito variáveis. A ação química se exerce mais poderosamente quando os elementos estão entre si em relações simples ou em proporções múltiplas umas das outras, é então que ela produz compostos que se separam mais facilmente. Conciliam-se dessa maneira as duas opiniões (GAY LUSSAC, 1808, p. 209 e 210).

Em carta destinada a Dalton, Thomas Thomson afirmava que era possível perceber que Gay-Lussac considerava, de certa forma, a teoria atômica: “o artigo [de Gay-Lussac] é altamente favorável à sua teoria atômica [de Dalton] e é fácil ver que Gay-Lussac a admitia, embora seu respeito por Berthollet lhe induzisse a falar com cautela” (THOMSON, 1809 *in* CAMEL e FILGUEIRAS, 2013, p. 740). Somente depois de alguns anos, esse entrave foi retomado com a hipótese desenvolvida por Amedeo Avogadro, ou quiçá pela morte do influente estudioso Berthollet.

### 3.3 A Hipótese de Avogadro

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro nasceu em Turim, Itália em 1776. Formado em Direito em 1792, em seguida, obteve o doutorado em Lei Eclesiástica e somente interessou-se pelas ciências - em especial pela física e a matemática - quando conheceu a pilha, desenvolvida por Alessandro Volta (1745-1827).

Em 1809, a partir das discussões que envolviam a época, Avogadro apresentou um livro de memórias na Academia de Ciências de Turim, em que discutia a corrente galvânica recém descoberta (JEFFE, 1976). Também foram publicados textos de Avogadro discutindo a carga elétrica em que ele iria dialogar com os resultados de Michael Faraday (1791-1867), anos mais tarde, em 1842, nos *Archives des Sciences physiques et naturelles*.

Avogadro 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 divisão das moléculas integrantes 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. O pesquisador inicia seu artigo remetendo-se aos trabalhos de Gay-Lussac:

M. Gay-Lussac mostrou em uma interessante dissertação que os gases sempre se unem numa proporção simples em volume, e que quando o resultado da união é um gás, seu volume é também relacionado de modo muito simples aos volumes dos seus componentes iniciais. Mas as proporções quantitativas das substâncias parecem depender apenas do número relativo de moléculas que se combinam, e do número de moléculas compostas que se formam. Pode-se admitir que relações muito simples também existem entre os volumes das substâncias gasosas e o número das moléculas simples ou compostas que se formam (AVOGADRO, 1811, p. 58).

Combinando as ideias de Gay-Lussac, Avogadro continuou seu texto afirmando que:

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, p. 72)<sup>18</sup>.

Como afirma Camel (2010), os termos ‘parte integrante’, ‘molécula primitiva integrante’, e ‘parte constituinte’ não são originais de Avogadro e constavam no Dicionário de Química (1766) de Pierre-Joseph Macquer (1718-1784). Os termos ‘molécula integrante’, ‘molécula constituinte’ e ‘molécula elementar’ também foram cunhados antes dos trabalhos de Avogadro, eles compunham o livro *Systèmes de Connaissances Chimiques* (1800), de Antoine François de Fourcroy (1755-1809). Nas palavras de Camel (2010), Macquer (1766) definiu ‘parte constituinte’ como os princípios que formam os corpos, assim:

Por exemplo, as partes constituintes do sal comum são um ácido e um álcali, que devem ser considerados como os princípios desse sal [...] é evidente que as partes constituintes não podem ser desunidas sem destruir e decompor o sal, de modo que após a desunião, o sal não mais existirá. Ele definiu também ‘parte integrante’ de um corpo como as menores moléculas ou partículas nas quais este corpo pode ser reduzido sem decomposição. Essas menores moléculas que no exemplo dado ainda seriam de sal são aquelas que Macquer (1766) denominou de ‘molécula primitiva integrante’. A união de partes integrantes resultaria em agregados, que são a reunião de certo número de partes do mesmo tipo formando um todo, e que se opõem ao que denominamos misto ou compostos. Fourcroy indicava que os corpos eram formados pela reunião de um grande número de moléculas integrantes através da força de agregação. Cada uma dessas moléculas podia por sua vez ser formada pela reunião de várias moléculas constituintes que correspondiam aos ‘princípios’, ou elementos que formam os compostos (CAMEL, 2010, p. 119).

---

<sup>18</sup> Mais tarde, em 1814, André Marie Ampère (1775-1836) trilhou por um caminho semelhante.

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 uma 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>19</sup>.

Para determinar a massa molecular relativa, Avogadro empregou o método de dividir a densidade de uma substância pela densidade do hidrogênio. Assim:

Sabendo que os números 1,10359 e 0,07321 expressam as densidades dos gases oxigênio e hidrogênio comparado com o ar atmosférico como unidade, e que a taxa dos dois números conseqüentemente representa a taxa entre as massas de volumes iguais destes dois gases, é possível determinar a massa relativa das moléculas de oxigênio e hidrogênio. Então a massa da molécula de oxigênio será aproximadamente 15 vezes maior que a massa da molécula de hidrogênio ou mais exatamente, 15,074 para 1. Da mesma maneira a massa da molécula de nitrogênio em relação à de hidrogênio é de 13,238 para 1, pois os volumes de densidade são 0,96913 e 0,07321, respectivamente (AVOGADRO, 1811, p. 59-60).

No mesmo trabalho, um pouco mais à frente, Avogadro afirmou que cada molécula de oxigênio se une a duas moléculas de hidrogênio, tendo em vista que a proporção é de 2:1, como observado por Gay-Lussac, e não 1:1, como Dalton afirmava. O último assunto tratado por Avogadro em seu trabalho, referiu-se à acidez e basicidade.

M. Gay-Lussac suspeitou que a igualdade de volume entre os gases e ácidos, que por sua união formam um sal neutro, pode ser geral. Podemos dizer, na nossa hipótese, que os sais neutros são compostos de ácido e base unidos molécula por molécula; mas tais considerações parecem opostas a este princípio geral. A ideia de acidez, alcalinidade e neutralidade, que ainda parece a mim a mais adequada ao fenômeno, é aquela que eu coloquei na minha dissertação. De acordo com isso, todas as substâncias formam entre si uma série, na qual elas assumem a parte do ácido ou da base, uma em relação à outra; e esta série é a mesma que aquela dependente da eletricidade positiva ou negativa que se desenvolve pelo contato mútuo (AVOGADRO, 1811, p. 73-74).

Dalton rejeitou a hipótese uma vez que ela se contrapunha a sua segunda teoria, a da mistura de gases, em que afirmava que o número de partículas por volume era diferente para

---

<sup>19</sup> “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. 1082).



gases diferentes (CAMEL, 2010). De uma forma geral suas hipóteses foram ignoradas ou rejeitadas pela maioria dos químicos até a década de 1860 principalmente por dois motivos: o primeiro, pelas reações cujos valores gasosos obedeciam a proporção 1:1:2 como na síntese do óxido nítrico e segundo, pela densidade incomum de alguns gases como o oxigênio (FRICKÉ, 1976).

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).

### 3.4 A teoria atômica posteriormente à Hipótese de Avogadro

Camel e Filgueiras (2013) 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 Kekulé e Charles Adolphe Würtz (1817-1884), mostravam-se inclinados a pôr um fim “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). Apesar das intenções iniciais, não houve consenso sobre a teoria atômica, mas o evento se tornou um marco na história da química, pois foi a primeira ocasião em que químicos de diferentes países se reuniram para discutir problemas relacionados à Química (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 1994). Concretizando-se:

A existência de uma comunidade química internacional que define as regras do seu funcionamento: comunicação e necessidade de consenso. Por outro lado, aborda um problema teórico fundamental, pois o acordo sobre os números e as fórmulas está subordinado a um entendimento sobre as definições dos conceitos de base: átomo, molécula e equivalente (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992, p. 195).

Esse congresso, contou com a participação de Stanislao Cannizzaro (1826-1910) que redescobriu os trabalhos de Avogadro a respeito das moléculas diatômicas. Cannizzaro seguindo as ideias do seu compatriota Avogadro publicou em 1858 “*Sketch of a Course of Chemical Philosophy*”, mostrando seus cálculos para determinação das massas relativas,

especialmente para sólidos e líquidos, mas também para alguns gases. Em seu trabalho, Cannizzaro considerou o aspecto biatômico de algumas moléculas. Tendo definido o átomo da seguinte maneira: “As diferentes quantidades do mesmo elemento contido em diferentes moléculas são todas múltiplos inteiros de uma mesma quantidade, que, sempre sendo inteira, deve ser chamado de átomo” (CANNIZZARO, 1858, p. 328).

Para determinar as massas relativas, Cannizzaro empregou o mesmo método adotado por Avogadro, a partir de comparações entre densidades de gases. Já para líquidos e sólidos, o pesquisador comparou a densidade de seus vapores com a densidade do hidrogênio gasoso (CANNIZZARO, 1858).

Ele compilou uma tabela de massas atômicas e a apresentou na conferência de Karlsruhe. Cannizzaro mostrou que as proposições de Avogadro permitiram não só a determinação das massas atômicas das moléculas, mas também indiretamente a massa dos átomos que as formavam.

Durante o congresso, a exposição de Cannizzaro sobre essas ideias pouco convenceu a maioria. Porém, separatas do seu artigo foram distribuídas por seu amigo e seguidor Angelo Pavesi [1830-1896], então professor na Universidade de Pavia. A posterior leitura desse artigo por alguns congressistas levou ao esclarecimento da questão, pois muitos dos químicos participantes do evento foram por ele tocados, entre eles Dmitri Mendeleiev (1834-1907) e Lothar Meyer (1830-1895) (TOLENTINO; ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997, p.105).

Em carta destinada a um professor da Universidade de S. Petersburgo, Mendeleev afirmou que se sentia na obrigação de comunicar os resultados do congresso, enfatizando que acreditava que tal evento havia se tornado uma marca profunda na história da química (MENDELEEV, 1860 in MILT, 1951).

### **3.5 A definição de mol**

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, p. 361).

Ostwald era um energeticista, essa corrente de pensamento trabalhava numa perspectiva de ciência fenomenológica, contestando o uso de hipóteses especulativas, como era o caso dos átomos (OKI, 2009). Em 1904, em uma conferência na Sociedade Química de Londres, ele

“afirmou que as leis do átomo químico, isto é, as leis das proporções (definidas, múltiplas e equivalentes), podiam ser deduzidas apenas da termodinâmica” (CAMEL, 2010, p. 307). Ele definiu seu pensamento da seguinte forma:

O que nós chamamos de matéria é apenas um complexo de energias que encontramos juntas em um mesmo lugar. Nós estamos ainda perfeitamente livres, se nós quisermos, para supor que ou a energia preenche o espaço homoganeamente, ou de uma forma periódica ou granulada. A última hipótese pode ser um substituto à hipótese atômica. A decisão entre essas possibilidades é uma questão puramente experimental (OSTWALD, 1904, p. 520).

Somente quatro anos depois, acompanhando os estudos de Albert Einstein (1879-1955), Paul Langevin (1872-1946), Marian Smoluchowski (1872-1917) e Jean Perrin, sobre o movimento browniano, foi que Ostwald se rendeu à teoria atômica. No prefácio da quarta edição do seu livro “*Grundriss der allgemeinen Chemie*” ele afirmou:

Sinto-me agora convencido de que, recentemente, entramos em posse de provas experimentais da natureza discreta ou granulada da matéria, que, em vão, a hipótese atômica havia buscado durante séculos e milênios. O isolamento e a contagem de íons gasosos por um lado, que coroaram de êxito as longas e brilhantes pesquisas de J. J. Thomson e, por outro, a concordância do movimento browniano com os requisitos da hipótese cinética, estabelecida por muitos investigadores e, da maneira mais conclusiva por J. Perrin justificam que o mais cauteloso dos cientistas fale agora em comprovação experimental da natureza atômica da matéria. Com isso, a hipótese atômica eleva-se à posição de uma teoria cientificamente bem fundamentada e pode reivindicar um lugar em um livro didático destinado a ser utilizado como introdução ao estado atual de nossos conhecimentos de Química geral (OSTWALD apud HIEBERT e KÖRBER, 2007, p. 2084).

Somente em 1971, o mol passou a ter o significado mais próximo ao atual, quando foi introduzido como unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza Quantidade de Matéria.

### 3.6 A determinação numérica da constante de Avogadro

Vários cientistas tais como, Joseph Loschmidt (1821-1895), Rudolf Clausius (1822-1888) e Johannes Diderick van der Waals (1837-1923)<sup>20</sup>, já buscavam por determinar numericamente o valor para a constante - que mais tarde, seria denominada de constante de

---

<sup>20</sup> Todos esses cientistas, obtiveram resultados diferentes, porém próximos, através de estudos envolvendo a teoria cinética dos gases.

Avogadro - o físico-químico Jean Perrin, conseguiu definir o valor da constante a partir de evidências experimentais. Para tanto, Perrin utilizou-se de um fenômeno que na época era pouco compreendido, o Movimento Browniano.

Descrito inicialmente pelo botânico Robert Brown (1773-1858) em 1827, que observou no microscópio grãos de pólen, suspensos na água, movendo-se incessantemente. Inicialmente pensou-se que o movimento era devido ao fato do pólen ser vivo, porém o mesmo fenômeno foi também observado com partículas de materiais não vivos como a argila e o ouro. Muitos anos depois, em 1885, Leon Gouy (1848-1915) publicou o artigo “*Le mouvement brownien et les mouvements moléculaires* na *Revue Générale des Sciences*”, em que fez uma revisão geral do fenômeno, concluindo que o movimento browniano era causado pelas colisões das moléculas com as partículas em suspensão (CHAGAS, 2011).

Em 1909, Jean Perrin publicou o artigo “*Mouvement brownien et réalité moléculaire*”, em que apresentou seu trabalho sobre a sedimentação da goma-guta<sup>21</sup> e a descrição para a constante de Avogadro. 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).

O sucesso de Perrin foi devido à técnica que ele desenvolveu (centrifugação fracionada) para preparar suspensões de goma-guta com partículas de mesmo tamanho. Com este mesmo sistema Perrin testou depois o modelo de Einstein para o deslocamento e rotação de partículas suspensas em um líquido, obtendo praticamente os mesmos resultados que na sedimentação (CHAGAS, 2011, p.13).

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). Na figura 10, podemos observar os valores encontrados por Perrin em 1913. Ele seguiu atualizando esses valores nas edições posteriores de sua obra à medida que progredia em sua técnica, chegando mais próximo ao valor aceito atualmente.

---

<sup>21</sup> É uma resina obtida do látex da planta *Garcinia hanburyi* Hook, nativa do sudeste da Ásia. Além da resina, o látex contém também ácido gambóxico, C<sub>38</sub>H<sub>44</sub>O<sub>8</sub>. Sendo utilizada como purgativo (CHAGAS, 2011).

Figura 10: Valores da Constante de Avogadro por Jean Perrin.

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS	$\frac{N}{10^{22}}$	
Viscosité des gaz (équation de Van der Waals),	62	
Mouvement brownien.	{ Répartition de grains . . . . .	68,3
	{ Déplacements . . . . .	68,8
	{ Rotations . . . . .	65
	{ Diffusion. . . . .	69
Répartition irrégulière des molécules . . . . .	{ Opalescence critique . . . . .	75
	{ Bleu du ciel . . . . .	60 (?)
Spectre du corps noir. . . . .	64	
Charge de sphérules (dans un gaz) . . . . .	68	
Radioactivité . . . . .	{ Charges projetées . . . . .	62,5
	{ Hélium engendré. . . . .	64
	{ Radium disparu . . . . .	71
	{ Energie rayonnée. . . . .	60

FONTE: 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, 2003; JENSEN, 2007).

## CAPÍTULO 4

---

### A IMPORTÂNCIA DO LIVRO DIDÁTICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA E A ABORDAGEM DA GRANDEZA QUANTIDADE DE MATÉRIA

*Os livros não são feitos para que alguém acredite neles, mas para serem submetidos à investigação. Quando consideramos um livro, não devemos perguntar o que diz, mas o que significa.*

*Umberto Eco, 1980.*

Como discutido no primeiro capítulo, compreendemos que inserir a HC no ensino pode ser de grande valia para a compreensão pelo estudante de conteúdos da Química. Nesse sentido, acreditamos que o LD presente nas aulas de química das escolas públicas brasileiras, careciam de uma análise crítica da HC empregada no estudo da Quantidade de Matéria, mol e da constante de Avogadro, uma vez que o LD é a principal fonte de consulta e estudo dos estudantes (FRISON et al, 2009; SILVA, 2012; COELHO et al, 2015).

Além disso, essa informação torna-se de extrema importância no momento em que planejamos e propomos discussões para a intervenção na graduação, uma vez que os licenciandos tiveram contato com essas obras quando cursavam o Ensino Médio e suas concepções podem ter sido influenciadas por este material.

#### **4.1. A importância dos Livros Didáticos no processo de ensino e aprendizagem**

Segundo Gérard e Roegiers (1998), o LD é “um instrumento impresso, intencionalmente estruturado para se inscrever num processo de aprendizagem, com o fim de lhe melhorar a eficácia” (p. 19). Mas o que vemos na atualidade, é o grande emprego desse instrumento em sala de aula.

Mesmo com todos os avanços tecnológicos o LD continua sendo a maior ferramenta do fazer docente na Educação Básica, o LD tem a função de guiar as atividades do professor, “no trabalho cotidiano, os professores descobrem nos livros não somente os conteúdos a serem ensinados, mas também uma proposta pedagógica que passa a influenciar de modo decisivo a ação docente” (SELLES; FERREIRA, 2004, p. 104). Já para alguns estudantes, é a única fonte de consulta e de estudo fora do ambiente da escola (ROJO e BATISTA, 2003). Sendo assim, o

LD tem sido um protagonista no processo de ensino e aprendizagem. Sobre a posição ocupada na escola pelos LD, Soares (2002) afirma que:

Há o papel ideal e o papel real. O papel ideal seria que o livro didático fosse apenas um apoio, mas não o roteiro do trabalho dele. Na verdade isso dificilmente se concretiza, não por culpa do professor, mas de novo vou insistir, por culpa das condições de trabalho que o professor tem hoje. Um professor hoje nesse país, para ele minimamente sobreviver, ele tem que dar aulas o dia inteiro, de manhã, de tarde e, frequentemente, até a noite. Então, é uma pessoa que não tem tempo de preparar aula, que não tem tempo de se atualizar. A consequência é que ele se apoia muito no livro didático. Idealmente, o livro didático devia ser apenas um suporte, um apoio, mas na verdade ele realmente acaba sendo a diretriz básica do professor no seu ensino (p. 2).

Em relação à HC presente nos LD, os trabalhos desenvolvidos apontam para a apresentação de cientistas individualmente, negligenciando a ciência como um empreendedorismo coletivo; relegando a abordagem dos contextos e dos processos de construção da ciência (PITANGA et al, 2014; MARTINS e BRITO, 2006).

Outro obstáculo encontrado, é a abordagem dos sujeitos partícipes da construção da ciência como dotados de capacidades diferenciadas, os “gênios” (VIDAL, 2009). Nesse sentido Allchin (2003) complementa:

Um estudante com vivo interesse em ciência (mas talvez com habilidade não demonstrada) pode inferir que ela ou ele não pode fazer uma contribuição significativa a ciência - então, por que tentar? Tenho de fato encontrado estudantes que se queixam de que “ciência é somente para gênios” (p. 343).

A partir do exposto acima, percebemos que os LD tem um papel de extrema importância no contexto escolar, e por outro lado, a HC vêm sendo negligenciada ou mal fundamentada na maioria das obras há várias décadas. Assim, buscamos discutir como a HC é contemplada no tema objeto de nossa pesquisa.

#### **4.2. A distribuição dos Livros Didáticos nas Escolas Públicas brasileiras**

A organização em torno da distribuição dos LD, dicionários, obras literárias, que deveriam ser usados nas escolas da Educação Básica brasileira, começou a se concretizar no ano de 1929, quando foi criado um órgão - o Instituto Nacional do Livro (INL) - específico para colaborar com a legitimação do LD, auxiliando também, no aumento de sua produção.

No ano de 1938, a partir de um Decreto-Lei nº 1.006, de 30/12/38 foi criada uma comissão, denominada Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), que tinha a incumbência

de avaliar os livros que iriam ser oferecidos à comunidade estudantil. No parágrafo 3º, art. 10, fica assim determinado as atribuições da Comissão:

a) Examinar os livros didáticos que lhe forem apresentados, e proferir julgamento favorável ou contrário à autorização de seu uso; b) Estimular a produção e orientar a importação de livros didáticos; c) Indicar os livros didáticos estrangeiros de notável valor, que mereçam ser traduzidos e editados pelos poderes públicos, bem como sugerir-lhes a abertura de concurso para a produção de determinadas espécies de livros didáticos de sensível necessidade e ainda não existentes no país; d) Promover, periodicamente, a organização de exposições nacionais dos livros didáticos cujo uso tenha sido autorizado na forma desta lei.

Em 1971 o INL passou a desenvolver o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (PLIDEF), e na busca de constantes aprimoramentos, no ano de 1985, a partir do Decreto 9154/85 o PLIDEF foi substituído pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), tendo como principais preceitos:

Indicação do livro didático pelos professores; Reutilização do livro, implicando a abolição do livro descartável e o aperfeiçoamento das especificações técnicas para sua produção, visando maior durabilidade e possibilitando a implantação de bancos de livros didáticos; Extensão da oferta aos alunos de 1ª e 2ª série das escolas públicas e comunitárias; Fim da participação financeira dos estados, passando o controle do processo decisório para a FAE<sup>22</sup> e garantindo o critério de escolha do livro pelos professores.

A Resolução/CD/FNDE nº 603, de 21 de Fevereiro de 2001, passou a ser o mecanismo que organiza e regula o PNLD. O Ministério da Educação e Cultura (MEC) criou várias comissões para a avaliação dos LD (BIEHL e BAYER, 2009). Em edital disponível no site do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), é especificado os critérios para a inscrição de obras pelas editoras, sendo os títulos analisados sob coordenação do MEC. Essa avaliação é realizada por uma Comissão Técnica específica que ao final da julgamento decide quais livros estão aptos a serem inseridos no PNLD. Depois disso, é criado o Guia do Livro Didático para apreciação dos docentes da Educação Básica, podendo cada escola escolher o livro que deseja adotar em sua instituição<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Fundação de Assistência ao Estudante.

<sup>23</sup> Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-apresentacao>. Acessado em: 27.01.16.



### **4.3 Os Livros Didáticos de Química empregados na Educação Básica**

No ano de 2015, foi lançado o Guia do Livro Didático do PNLD 2015 - Ensino Médio, em que constam quatro obras indicadas para a disciplina Química e, no ano de 2018 foram recomendadas seis obras, sendo as quatro já indicadas pelo PNLD 2015 e mais dois novos livros. Na presente pesquisa, iremos analisar os LDQ indicados pelo PNLD 2015 e 2018, observando nessas obras como as temáticas Quantidade de Matéria, mol e constante de Avogadro foram abordadas do ponto de vista da HC e também, da abordagem conceitual.

Vale ressaltar que os livros nomeados, na pesquisa, como LDQ 1, 2, 3 e 4 são obras indicadas pelo PNLD 2015 e que em 2018 estão em edições mais atualizadas. Para a apreciação realizada nos livros, empregamos todas as obras suplementadas pelo manual do professor.

Foi possível perceber que as obras indicadas em 2015 e em 2018, ou seja, LDQ 1, 2, 3 e 4 não apresentaram mudanças na forma e conteúdo abordado quando se tratou de Quantidade de Matéria. Embora elas sejam de edições mais recentes, não sofreram uma reelaboração do conteúdo em questão. Como a análise das obras ocorreu durante o andamento da investigação, para os LDQ 1, 2, 3 e 4 serão apresentadas as observações realizadas na vigência do PNLD 2015. A partir da aprovação do PNLD 2018, enxertamos na análise, as obras LDQ 5 e 6 indicadas no PNLD 2018.

Embora saibamos que seis obras represente um número pequeno frente à quantidade de livros editados no país, consideramos que elas apresentam uma importância significativa na Educação Química brasileira, uma vez que grande parcela dos jovens estudam em escolas públicas.

### **4.4 Análise da História da Ciência empregada nos Livros Didáticos de Química recomendados em 2015 e em 2018**

Na categoria Vida dos personagens (C1), foi observado se os livros apresentaram as biografias dos estudiosos envolvidos na construção do conhecimento, se exibiam certas características pessoais, além de episódios curiosos. Os resultados foram os seguintes:

Tabela 4: Dados da categoria 1.

Características Observadas	LDQ1	LDQ2	LDQ3	LDQ4	LDQ5	LDQ6
	Martha Reis	Mortimer e Machado	Santos e Mól	Org. Div <sup>24</sup> .	Ciscato et al.	Novais e Tissoni
Dados Biográficos	X	X	X	X	X	X
Características Pessoais	-	-	X	-	-	-
Episódios/Curiosidades	X	-	-	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

No LDQ1 em seu capítulo sete, é discutida a hipótese de Avogadro. Em um quadro é mostrado uma pequena biografia do estudioso, citando somente um pouco de sua formação acadêmica. Posteriormente, comenta-se que as ideias de Avogadro foram negligenciadas, enfatizando-se a importância de Stanislao Cannizzaro (1826-1910), para a aceitação da sua hipótese. Em seu suplemento para o professor, há uma página com o título “Conversa com o professor”, em que mostra a síntese da história de Avogadro e o motivo de seus trabalhos terem sido negligenciados por tantos anos, o texto complementa a informação contida no quadro do capítulo sete.

Já no LDQ3 quando da definição da constante de Avogadro, afirmou-se que essa constante foi uma homenagem a Avogadro. Nessa parte há um tópico denominado “A Ciência na História” em que uma figura de Avogadro é mostrada juntamente com uma pequena biografia. Quanto às características pessoais, o livro comenta muito superficialmente, uma interpretação do que diz ser a sua personalidade:

Isolado em seu laboratório, não viajava e correspondia-se pouco com os colegas. Seus escritos careciam de brilhantismo e simpatia, mesmo quando reportavam importantes descobertas experimentais e ideias revolucionárias, como a hipótese dos gases, publicada em 1811 (LDQ3, 2013, p. 20).

Acreditamos que a intenção dos autores seria a de mostrar que um dos fatores que contribuiu para não aceitação das ideias de Avogadro num primeiro momento, poderia estar relacionada com a sua personalidade, por outro lado, essa informação apenas reforça a ideia que o estudante tem do cientista, como uma pessoa diferente dos padrões. Por isso, a importância de contextualizar a história que está sendo discutida, mostrando as implicações em torno de suas ideias não terem sido prontamente aceitas. Como afirma Oki (2009), que mesmo

<sup>24</sup> Aqui, denominamos por Organizadores Diversos (Org. Div.), uma vez que houve alterações dos organizadores e autores que participaram da edição indicada em 2015 para a edição de 2018.

a proposta de Avogadro conciliando as ideias de Dalton e de Gay-Lussac (1778-1850), ele não foi bem sucedido, pois a aceitação da hipótese dos gases possibilitaria a diferenciação entre os conceitos de átomo e molécula - por um caminho dedutivo - o que não aconteceu com facilidade naquele período.

Outro ponto importante está relacionado a fonte que gerou essa informação. No texto, não encontramos a referência utilizada e ao buscar dados sobre a personalidade de Avogadro em biografia, escrita pelo italiano e historiador da ciência Marco Ciardi (2006), não localizamos apontamentos que corroborem a informação apresentada no LD. Ciardi, ainda comenta que Avogadro era muito conhecido e respeitado por toda Europa, e que mantinha correspondências com nomes importantes da ciência da época, como por exemplo Michael Faraday (1791-1867). Nos LDQ 5 e 6 percebemos que ambos não trouxeram a biografia detalhada dos cientistas, mas somente a data de nascimento e morte acompanhando o nome completo deles.

Na categoria “Características dos personagens” (C2), procuramos observar como as obras caracterizavam os estudiosos, tendo como resultado:

Tabela 5: Dados da categoria 2.

Características Observadas	LDQ1 Martha Reis	LDQ2 Mortimer e Machado	LDQ3 Santos e Mól	LDQ4 Org. Div.	LDQ5 Ciscato et al.	LDQ6 Novais e Tissoni
Famoso/Genial	-	-	-	-	-	-
Pessoa Comum	X	-	X	-	-	-
Não há dados que caracterizem	-	X	-	X	X	X

Fonte: Dados da pesquisa

Os livros LDQ1 e LDQ3 apresentaram os estudiosos como profissionais desenvolvendo seu ofício. Vale ressaltar que não encontramos nos textos referências ao estereótipo do cientista tão comum aos estudantes, de um gênio, que não apresenta uma vida próxima à realidade vivida pelos estudantes. Diante disso, vemos um progresso dos livros, que poderá contribuir com a desmistificação do cientista.

Na análise realizada nas duas novas obras indicadas pelo PNLD 2018 não foram apresentados dados que caracterizaram os personagens. Acreditamos que a ausência de informações desse tipo, podem gerar prejuízos aos alunos por não conhecerem detalhadamente quem faz a ciência.

Zanon e Machado (2013) ao realizarem uma pesquisa com estudantes iniciantes do curso de graduação em Química perceberam que eles apresentam essa visão do cientista isolado, negligenciando o papel da comunidade científica para o desenvolvimento da ciência. Os autores concluíram que:

Os estudantes do ensino médio tendem a estereotipar o cientista como um homem maluco e solitário, o que apareceu com menos frequência nas representações dos estudantes iniciantes de ensino superior. Em ambos os casos, o cientista trabalha isolado e não fazem menção quanto à troca de informações ou da existência de uma comunidade científica. Quanto a essa troca de informações, no ensino superior, somente ocorreu nos desenhos relacionados com o ensino, pois segundo a legenda, seriam alunos tendo aulas no laboratório e não dois cientistas conversando sobre seus trabalhos (p. 51).

Acreditamos que juntamente com o trabalho desenvolvido pelo docente, os LD tem um papel singular na mudança dessa concepção dos estudantes, influenciando suas opiniões sobre quem faz ciência. Há que se fazer um esforço para incluir a história dos personagens científicos de forma a contribuir para a mudança dessa visão de cientista.

Na categoria C3, “Abordagem das ideias/descobertas”, observamos como as obras abordavam a ideia científica. Quando ocorria somente uma pequena alusão aos estudiosos, sem explicações sobre o assunto, consideramos como menção à ideia científica. Por outro lado, quando ocorria a sua descrição, englobando a descrição da ideia científica, da teoria, do contexto histórico, explicação da metodologia adotada, consideramos como uma descrição da ideia abordada.

Tabela 6: Dados da categoria 3.

Características Observadas	LDQ1 Martha Reis	LDQ2 Mortimer e Machado	LDQ3 Santos e Mól	LDQ4 Org. Div.	LDQ5 Ciscato et al.	LDQ6 Novais e Tissoni
Menção a uma ideia científica	-	X	-	-	X	X
Descrição de uma ideia científica	X	-	X	X	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

Podemos perceber que a maioria dos livros fazem uma descrição da ideia científica. Consideramos que o LDQ3 fez uma descrição da ideia científica, uma vez que procurou explicar a importância de Avogadro para a determinação do que mais tarde foi denominado por constante de Avogadro.

O cientista propôs que muitos gases são formados por moléculas as quais contêm mais de um átomo, por exemplo, os gases hidrogênio ( $H_2$ ), oxigênio ( $O_2$ ) e cloro ( $Cl_2$ ). Sabendo que os gases hidrogênio e oxigênio são constituídos por moléculas diatômicas e que a proporção de volumes desses gases para formar a água é de dois para um, ele concluiu que a proporção entre seus átomos também seria essa, ou seja, a fórmula deveria ser  $H_2O$  e não  $HO$ , como era considerada até então. Mesmo com dificuldades para medir a massa dos gases, Avogadro chegou à razão de 15,074 entre as massas dos átomos de oxigênio e hidrogênio, sendo a última considerada igual a uma unidade. Ele não estabeleceu o valor da constante de Avogadro, mas lançou as bases teóricas que possibilitaram a determinação. Por isso, em homenagem a ele, a constante recebeu o seu nome. Amedeo Avogadro concluiu que, se volumes iguais contêm o mesmo número de moléculas, é possível determinar as massas moleculares relativas. Dessa forma, tornou possível explicar substâncias como o  $NH_3$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $HCl$ ,  $CO_2$  e  $SO_2$ , demonstrando como prever as fórmulas e as massas molares com grande precisão (LDQ3, p. 21).

O LDQ4, descreveu simplificada um experimento para determinação da constante, depois dos trabalhos desenvolvidos por Jean Perrin:

Foi o trabalho desenvolvido pelo radioquímico Bertram Boltwood (1870-1927) e pelo físico E. Rutherford (1871-1937) que permitiu a determinação mais precisa da  $N_A$ . De maneira simplificada, o experimento consistia na contagem de partículas  $\alpha$  emitidas por uma fonte radioativa e na determinação do volume do gás hélio. [...] Atualmente, o valor da  $N_A$  utilizado é obtido por meio de difração de raios X. A técnica consiste na determinação do volume de alguns átomos de um retículo cristalino, cuja massa de 1 mol de átomos e a densidade da amostra sejam conhecidas (p. 261).

Ambos fragmentos anteriores, do LDQ3 e do LDQ4 não apresentaram a referência da informação histórica. A partir dos fragmentos, realizamos uma pesquisa *on-line* na procura pelo embasamento teórico dessas citações, e não encontramos trabalhos que nos possibilitassem inferir a fonte da consulta.

O LDQ1, ao explicar a origem do mol, a autora afirma que: “A palavra mol, introduzida em 1896 pelo químico alemão Wilhelm Ostwald (1853-1932), vem do latim *moles*, que significa ‘porção, quantidade’” (p.127-128), não há uma discussão das mudanças conceituais ocorridas através do tempo até que o mol tivesse o significado atual. Da forma em que foi abordado, aparenta que não houve nenhuma discussão ou mudança na definição do mol. Em contrapartida, ao trazer o tópico da constante de Avogadro, a autora faz uma descrição interessante do raciocínio realizado por Avogadro a partir dos experimentos com gases feitos por Gay-Lussac.

Já os LDQ5 e LDQ6 fizeram menção à ideia científica. Como exemplo temos: “O princípio de Avogadro (1811) explica os experimentos de Gay-Lussac: ‘Volumes iguais de

quaisquer gases, submetidos a iguais condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas’’ (LDQ6, 2016, p. 263).

Percebemos que os autores cometeram um equívoco na nomenclatura empregada ao discutir a questão da constante de Avogadro no suplemento ao professor. Em tal suplemento, os autores criaram um tópico denominado de ‘Cuidados com a nomenclatura’, vejamos: “Cuidados com a nomenclatura - O número  $6,02 \cdot 10^{23}$ , que no passado era chamado de número de Avogadro, é agora denominado constante de Avogadro, sendo representado por  $N_A$ ” (LDQ6, 2016, p. 358). Os autores afirmam que o número  $6,02 \cdot 10^{23}$  deve ser denominado de constante de Avogadro, quando na verdade o que representa a constante de Avogadro é o número de entidades elementares por mol de uma determinada substância, ou seja,  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

Esse erro conceitual nos mostra a importância de discutir esse tema com a comunidade científica, para que assim evitemos a propagação de falhas conceituais.

Na análise realizada nas obras, encontramos no suplemento ao professor do LDQ1, um texto em que há alguns enganos, como podemos verificar:

O modelo atômico que Dalton elaborou baseado em antigas teorias gregas passou a ser usado para explicar essas leis, as reações químicas e os fenômenos conhecidos até então. E o conceito de átomo foi adotado [não foi]. Nessa época, a fórmula da água era apenas HO. E fazia sentido.

Mas para “desconforto geral”, Gay-Lussac estabeleceu a lei volumétrica e, segundo essa lei, a fórmula da água não podia ser HO. Outras contradições começaram a surgir.

Formou-se um impasse cuja solução foi proposta por Avogadro, que introduziu o conceito de molécula mostrando que água é mesmo  $\text{H}_2\text{O}$ .

Note, porém, que, ao seguir os passos dos cientistas na elaboração desses conceitos, não usamos as notações químicas que conhecemos hoje (porque eles não as usavam).

O desenvolvimento e o estudo das leis ponderais e volumétricas ocorreram sem a utilização das notações químicas.

Elas surgiram como uma necessidade para os cientistas da época. Seguindo esse mesmo percurso, esperamos que elas surjam também como uma necessidade para os alunos (no Capítulo 5), e não como algo imposto (é isso que dá à Química a fama de matéria decorativa).

Com base em todo esse conhecimento, estudamos a teoria atômico-molecular, os conceitos de massa atômica, massa molar, volume molar, mol e os princípios da estequiometria.

Aprendemos também como as fórmulas das substâncias são determinadas hoje em dia e finalizamos com o estudo dos casos mais importantes de alotropia (LDQ 1, 2016, p. 317-318. Grifo nosso).

No texto acima, citamos como exemplo de equívocos, a afirmação de que o átomo foi adotado a partir das proposições de Dalton, quando na verdade, a teoria atômica demorou décadas para ser aceita. Além disso, foi omitida a influência de Newton e Lavoisier para o desenvolvimento do que seria conhecido como leis ponderais e volumétricas. Com pequenas

alterações, o texto seria um recurso ao professor para abordar o assunto em sala de aula e conseqüentemente, para que o estudante compreendesse a construção do conhecimento científico.

Defendemos que uma descrição completa da ideia científica contribuiria para que o aluno compreendesse como se deu a construção do conhecimento em torno da temática mol, o tratamento superficial da história, com uma simples exemplificação de um personagem, sem maiores detalhes de seus trabalhos não contribui com a aprendizagem do aluno. Como afirmam Kosminsky e Giordan (2002):

As dificuldades de entendimento dos fenômenos tratados nas salas de aula de Ciências, e mesmo a ausência de motivação para estudá-los, podem ser atribuídas, em parte, ao desconhecimento das teorias sobre o funcionamento da Ciência, tanto por parte dos professores como dos estudantes (p. 18).

Na categoria Evolução da ciência (C4), consideramos como menção a períodos discretos quando dois ou mais períodos ou ideias são mencionados, não é mostrado uma relação clara entre eles. Quando ocorria uma relação entre os períodos citados, aparentemente linear, consideramos como evolução direta e como evolução real, quando ocorria a discussão com movimento de idas e voltas e acontecimentos controversos.

Tabela 7: Dados da categoria 4.

Características Observadas	LDQ1 Martha Reis	LDQ2 Mortimer e Machado	LDQ3 Santos e Mól	LDQ4 Org. Div.	LDQ5 Ciscato et al.	LDQ6 Novais e Tissoni
Menção a Períodos Discretos	-	-	X	X	-	-
Evolução Linear e Direta	-	X	-	-	X	X
Evolução Real	X	-	-	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

O LDQ1, no capítulo que trata de átomos e moléculas, Avogadro é citado algumas vezes durante a contextualização sobre as mudanças conceituais ocorridas em torno do que se considerava molécula. A obra discute a construção do conhecimento, e as divergências que existiam entre Dalton e Gay-Lussac, mostrando as conclusões que Avogadro chegou. Nesse mesmo capítulo, é discutida a hipótese de Avogadro e, em um quadro é mostrado uma pequena biografia do estudioso, citando somente um pouco de sua formação acadêmica. Observamos

que houve uma preocupação em mostrar as rupturas, as formas distintas de pensar os fenômenos. Essa forma de abordagem pode contribuir para que o aluno compreenda a complexidade para a consolidação de uma determinada teoria.

No LDQ2, é mostrado uma relação linear na construção do conhecimento, quando trata-se do mol, é comentado:

A relação entre esse número e a respectiva quantidade é conhecida como constante de Avogadro ( $6,02 \cdot 10^{23}/\text{mol}$ ) em homenagem ao químico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856), que, no início do século XIX, deu contribuições importantes para o avanço da hipótese atômica formulada por Dalton. Avogadro propôs uma hipótese que sugeria a possibilidade de “contar” átomos e moléculas (p. 262).

Na sequência, “numa publicação de 1811, Avogadro assim se referia àquilo que mais tarde se tornaria conhecido como Hipótese de Avogadro ou, ainda, Lei de Avogadro” (p.262).

E por fim:

A possibilidade de contar átomos e moléculas foi concretizada quase cem anos depois. Em 1913, Jean Perrin publicava um livro intitulado *Les Atomes*, em que se referia a trinta maneiras diferentes de determinar a constante de Avogadro (p. 262).

Identificamos que os LDQ5 e LDQ6 abordaram as informações históricas de forma linear e direta, como é possível observar no LDQ6 ao tratar do que os autores denominaram de ‘Princípio de Avogadro’:

A teoria atômica de Dalton não permitia que fossem explicados os resultados experimentais obtidos por Gay-Lussac. Em 1811, Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, conhecido por Amedeo Avogadro (1776-1856), enunciou uma hipótese que conseguia justificar tais resultados, valendo-se da ideia de que as unidades constituintes dos gases eram moléculas e que estas poderiam ser formadas por mais de um átomo (LDQ 6, 2016, p. 262).

No LDQ5 há somente uma pequena informação sobre a HC quando o tema massa molecular é abordado, mas no tópico que trata especificamente de Quantidade de Matéria não há informação histórica. Os autores trouxeram a informação sobre Avogadro ter chamado “conjunto de átomos” de moléculas, da seguinte forma:

Com base nos estudos do químico francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) sobre a relação entre os volumes de reagentes gasosos em uma reação química, o físico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856) propôs, em 1811, chamar os conjuntos de átomos de moléculas. Esses conjuntos podiam conter átomos do mesmo elemento químico (conhecidos hoje como substâncias simples) ou de elementos diferentes (conhecidos atualmente como substâncias compostas). Na época dos estudos de Avogadro, nada se sabia sobre as



ligações covalentes, importantes na definição atual de molécula (LDQ5, 2016, p. 197).

Quando a construção do conhecimento é tratada de forma linear, favorece a concepção do aluno de que os cientistas apenas melhoram e complementam uma ideia anterior, como Bizzo (1992) afirma, a ideia de que o passado teria a função de auxiliar a compreensão do presente, pressupondo a existência de um *continuum*.

Na categoria C5 - Quem faz a ciência, observamos se o cientista era apresentado individualmente, sendo o único responsável pela descoberta, se trabalhava em grupo, quando dois ou mais pesquisadores trabalharam juntos e quando a descoberta se deu pela comunidade científica, quando trata dos estudiosos de um período, sem especificar nomes.

Tabela 8: Dados da categoria 5.

Características Observadas	LDQ1 Martha Reis	LDQ2 Mortimer e Machado	LDQ3 Santos e Mól	LDQ4 Org. Div.	LDQ5 Ciscato et al.	LDQ6 Novais e Tissoni
Personagens individuais	X	X	-	X	-	-
Grupos de personagens	-	-	-	-	X	X
Comunidade científica	-	-	X	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

Todas as obras, enfatizam sobremaneira a importância de Avogadro para a determinação da constante de Avogadro, sendo que o primeiro a determiná-la - Jean Perrin - é tratado de forma secundária. Não há ênfase na importância de seu trabalho, que culminou no Prêmio Nobel de Física por ele recebido em 1926.

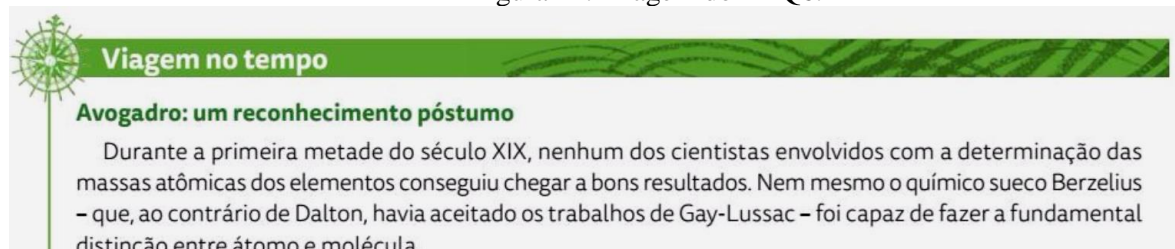
No LDQ3, é mencionado que vários cientistas estavam em busca de mensurar o valor para a constante de Avogadro:

Como não podiam precisar o valor da constante de Avogadro, vários químicos e físicos (inclusive Albert Einstein) propuseram métodos indiretos para determiná-lo. Como? Sabendo que muitas propriedades das substâncias dependem da quantidade de entidades químicas (átomos, moléculas, íons etc.), apresentaram técnicas específicas para medir tais propriedades e metodologias de cálculos as quais fornecem a constante de Avogadro, ou seja, o número de entidades presentes em um mol (p. 20).

No LDQ6 há uma parte denominada de “Viagem no tempo” (Figura 11) nesse box de informação, os autores discutem um pouco sobre as ideias de Avogadro terem sido aceitas

somente depois de seu falecimento, aludindo assim, que um grupo de cientistas esteve envolvido no desenvolvimento da teoria atômica.

Figura 11: Imagem do LDQ6.



FONTE: LDQ6, 2016, p. 264.

A transcrição parcial da informação - sem referência bibliográfica apontada pelos autores - trazida no box é a seguinte:

**Avogadro: um reconhecimento póstumo**

Durante a primeira metade do século XIX, nenhum dos cientistas envolvidos com a determinação das massas atômicas dos elementos conseguiu chegar a bons resultados. Nem mesmo o químico sueco Berzelius - que, ao contrário de Dalton, havia aceitado os trabalhos de Gay-Lussac - foi capaz de fazer a fundamental distinção entre átomo e molécula. [...] Apesar de a hipótese de Avogadro (1811) explicar a lei volumétrica de Gay-Lussac (1808), ela levou aproximadamente cinquenta anos para ser aceita, o que representou um longo período de confusão, tanto sobre a constituição das substâncias como sobre a determinação das massas atômicas. Por sua consistência na explicação dos processos químicos estudados ao longo de muito tempo, a hipótese passou a ser designada como princípio de Avogadro (LDQ6, 2016, p. 264-265).

Valorizar o trabalho da comunidade científica pode contribuir para a compreensão de colaboração entre pares, de pessoas que buscam o mesmo objetivo, contribuindo também, para desmitificar a visão do cientista como solitário.

Na categoria C6: Materiais utilizados para apresentar a informação histórica, observamos quais materiais foram adotados, a saber:

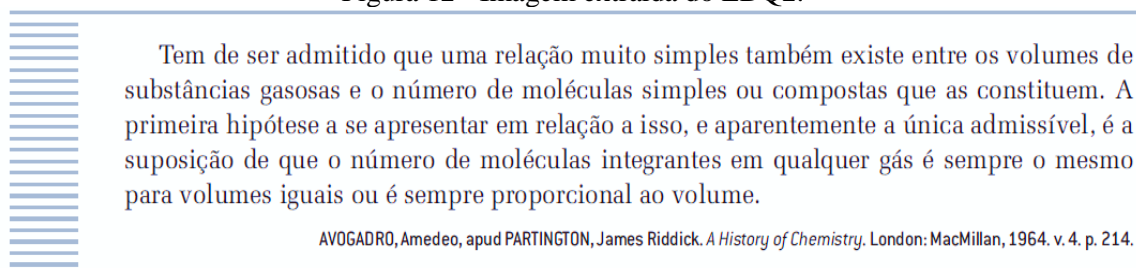
Tabela 9: Dados da categoria 6.

Características Observadas	LDQ1	LDQ2	LDQ3	LDQ4	LDQ5	LDQ6
	Martha Reis	Mortimer e Machado	Santos e Mól	Org. Div.	Ciscato et al.	Novais e Tissoni
Imagens dos personagens	-	X	X	X	-	-
Imagens dos equipamentos	-	-	-	-	-	-
Documentos/Textos Originais	-	X	-	-	-	-
Descrição de Experimentos Históricos	-	-	-	-	-	-
Fontes secundárias	X	-	X	X	X	X
Outros (selos, cédulas, etc.)	-	-	-	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

No LDQ2, quando os autores tratam da hipótese de Avogadro, é mostrando uma ilustração de Avogadro. Não há menção à biografia, porém é mostrado uma reprodução do texto original do estudioso, como o enunciado do que mais tarde ficou conhecido como hipótese de Avogadro.

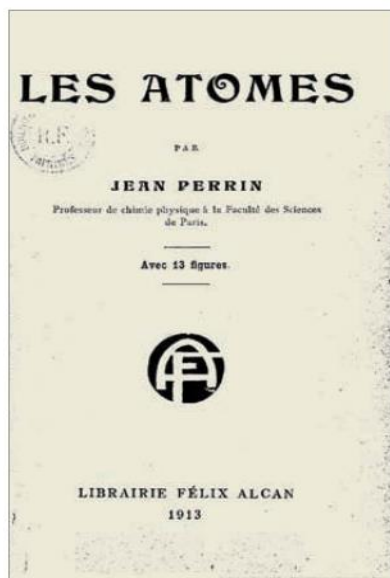
Figura 12 - Imagem extraída do LDQ2.



FONTE: MORTIMER e MACHADO, 2013, p. 262.

Em seguida, é mostrado o frontispício do livro de Perrin, onde ele apresenta os cálculos realizados para determinação da constante.

Figura 13 - Imagem extraída do LDQ2.



FONTE: MORTIMER e MACHADO, 2013, p. 262.

Identificamos que ambos os LDQ 5 e 6 empregaram informações históricas de fontes secundárias e não colocaram a fonte da informação. Embora as informações trazidas sejam interessantes, o grau de aprofundamento delas pode até dificultar a compreensão do tema tratado. Como exemplo, temos a citação abaixo, em que é discutido a escolha de Avogadro por denominar de moléculas as substâncias que continham mais de um átomo. Vejamos:

O físico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856) propôs, em 1811, duas hipóteses que tiveram grande importância no desenvolvimento da Química. Na primeira hipótese, Avogadro sugeriu tratar os conjuntos de átomos por moléculas, sendo que esses conjuntos podiam ser constituídos por átomos do mesmo elemento químico ou de elementos químicos diferentes. A segunda hipótese, conhecida atualmente como lei de Avogadro, estabelece que volumes iguais de gases diferentes, medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas. Essa ideia lançada por Avogadro foi proposta na tentativa de explicar os resultados obtidos pelo físico francês Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850). Segundo Gay-Lussac, em uma reação química envolvendo gases, os volumes dos reagentes e os volumes dos produtos mantinham uma proporção simples entre si, isto é, uma relação que compreende números inteiros e pequenos (LDQ5, 2016, p. 246).

As fontes primárias podem ser uma ferramenta para não perpetuar erros conceituais contidos em obras secundárias, sendo uma rica forma de aproximar o aluno da HC. Entretanto, são raríssimos os textos ou parte deles que podem ser utilizados para exemplificação, especialmente no Ensino Médio, são muitos os fatores que podem fazer dessas fontes uma barreira, e não um auxiliar, tais como; a linguagem da época, os significados, as nomenclaturas

dos compostos, a não contextualização prévia, a impossibilidade de abarcar o momento histórico-político-social e sobretudo o idioma.

Na categoria C7 - Contextos aos quais a informação histórica está relacionada - ao contexto científico (conhecimento científico ou matemático disponível ou ausente na época); tecnológico (relaciona-se à tecnologia disponível ou ausente na época); social (condições de vida e aos valores da época); político (relaciona-se à política da época) e religioso (relaciona-se às crenças religiosas da época).

Tabela 10: Dados da categoria 7.

Características Observadas	LDQ1 Martha Reis	LDQ2 Mortimer e Machado	LDQ3 Santos e Mól	LDQ4 Org. Div.	LDQ5 Ciscato et al.	LDQ6 Novais e Tissoni
Científico	X	X	X	X	X	X
Tecnológico	-	-	-	-	-	-
Social	X	-	-	-	-	-
Político	-	-	-	-	-	-
Religioso	-	-	-	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

Nessa categoria, podemos ver uma predominância da abordagem do contexto científico em detrimento das demais abordagens. Dessa forma, o educando não tem a possibilidade de fazer uma leitura do mundo que cercava os estudiosos que trabalhavam com o tema, suas principais angústias, os fatores religiosos e políticos que, muitas vezes, contribuíram ou prejudicaram suas pesquisas, como é o caso de Lavoisier.

#### **4.5. Análise do conceito de Quantidade de Matéria, mol e constante de Avogadro nos Livros Didáticos de Química recomendados em 2015 e em 2018**

Em sua tese de mestrado, Rogado (2000) cunhou algumas questões que nortearam sua análise em relação aos livros didáticos. Empregamos essas questões para apreciar como o conceito de Quantidade de Matéria, mol e constante de Avogadro foram tratadas nos livros por nós analisados. As questões norteadoras foram as seguintes:

Q1: Explica-se o problema geral que o conceito de mol busca resolver?

Q2: A grandeza Quantidade de Matéria é introduzida de forma explícita no texto?

Q3: No texto aparecem perguntas, questões, exercícios ou atividades sobre Quantidade de Matéria?

Q4: Os textos apresentam questões, perguntas, exercícios ou atividades nas quais é solicitado o cálculo da Quantidade de Matéria?

Na época do desenvolvimento de sua pesquisa, Rogado (2000) concluiu que metade dos livros analisados por ele contemplavam satisfatoriamente às questões acima elencadas. Nos livros analisados em 2015 e em 2018 percebemos que todos abordam a grandeza Quantidade de Matéria, no corpo do texto e em exercícios. É possível também notar que os LDQ atuais buscam explicar detalhadamente a importância da grandeza e da unidade mol para o estudo da Química. Acreditamos que a preocupação dos autores dos LDQ analisados em relação a tal conceito, possa estar relacionada com os trabalhos já publicados que mostram as barreiras encontradas pelos estudantes para compreender esse assunto.

A partir de toda a análise realizada, compreendemos que ainda é inerente a necessidade de um trabalho diferenciado para inserir a HC nos LD, de forma que o seu emprego não tenha somente um caráter ilustrativo, mas que possa contribuir com o processo de ensino e aprendizagem. Uma sugestão seria o trabalho conjunto entre os autores e historiadores da ciência, que poderiam muito contribuir com o tipo de abordagem histórica apresentada nos livros, para que seja possível a adoção de um viés histórico mais coerente com a HC, evitando contextos científicos díspares daqueles apresentados pelos historiadores da ciência.

## CAPÍTULO 5

---

### OS DOCENTES DAS UNIVERSIDADES MINEIRAS: ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

*Não é no silêncio que os homens se fazem,  
mas na palavra, no trabalho, na ação-reflexão.*

*Paulo Freire, 1987.*

O professor que atua nas universidades apresenta uma peculiaridade especial, uma vez que ele contribui com a formação de futuros profissionais. Vários dos 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 um dos suportes para atuar em sala de aula. Com isso, muitas das dificuldades apresentadas e não sanadas durante a graduação do futuro professor poderão se prolongar durante sua atuação profissional.

Sendo o processo formativo do licenciando caracterizado pela formação pedagógica, que o conduzirá ao exercício profissional da docência e pela sua formação específica, em química, ambas deverão dar suporte à prática do professor, que aliará seu conhecimento pedagógico ao conhecimento científico que deverá lecionar. A partir dos resultados das pesquisas já discutidas no capítulo 1, percebemos que muitos licenciandos que cursam a graduação saem das universidades sem compreenderem o conceito de Quantidade de Matéria de forma satisfatória, acarretando dificuldades ao ensinar esse conhecimento para seu futuro aluno.

Nesse sentido, buscamos considerar a opinião dos professores atuantes no ensino superior, com o objetivo de interpretarmos como esse profissional compreende os entraves para a aprendizagem do conteúdo. A partir disso, pretendemos utilizar os resultados do questionário para refletirmos sobre uma sugestão de estratégia de ensino que possa ser empregada nas aulas.

#### **5.1 A Docência em Química no Ensino Superior**

Quando pensamos na formação do docente que atua na educação superior, compreendemos que o alicerce da formação para atuar nesse nível de ensino ocorre

especialmente na pós-graduação, no nível do mestrado e doutorado, como garantido pela Lei Federal 9394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional, determinando em seu artigo 66 que: “A preparação para o exercício do magistério superior far-se-á em nível de pós-graduação, principalmente em programas de mestrado e doutorado”.

Em contrapartida, constata-se que a pós-graduação *stricto sensu* supervaloriza a pesquisa em detrimento do ensino (PRIMON e ARROIO, 2016). Como consequência, a formação didático-pedagógica dos mestres e doutores acaba por não ocorrer. Diante dessa realidade, e com o intuito de colaborar com a mudança desse panorama, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) instituiu o Estágio Docente como “parte integrante da formação do pós-graduando sendo obrigatório para todos os bolsistas do Programa” (CAPES, 2002, p. 8). A partir dessa exigência, várias instituições de ensino desenvolveram estratégias para melhorar a formação pedagógica de seus pós-graduandos. A título de exemplo, a Universidade de São Paulo - USP, criou o Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE), que visa inserir o estudante nas atividades das disciplinas de graduação, acompanhando o docente responsável, além de oferecimento de disciplinas, tais como “Prática de Ensino” e “Preparação Pedagógica” (ARROIO; RODRIGUES FILHO e SILVA, 2006).

Nesse sentido, percebemos que as iniciativas para melhorar a formação pedagógica do pós-graduando ainda são bastante recentes, e a maior parte do corpo docente que leciona nas universidades é composto por doutores e mestres que não tiveram sua formação pensada para o ensino. Como discutem Primon e Arroio (2016), quando esse docente é licenciado, não se pode garantir que este tenha condições de desempenhar a docência de forma mais satisfatória que o bacharel, uma vez que “cursos de Licenciatura têm como objetivo a formação de professores para a Educação Básica” (p. 376), destarte, a pós-graduação é o espaço singular para a formação do docente do ensino superior.

Como afirmam Gil-Pérez e Carvalho (1998) ensinar não é uma atividade rotineira e estática, bem como uma tarefa fácil, portanto, se faz necessário que o professor detenha teorias específicas, que o capacitem a elaborar análises e reflexões sobre sua prática, além de compreender como o aluno aprende. A especialização em determinada área do conhecimento não garante a suficiência para ensinar determinado tema, é necessário que o docente consiga transpor o conhecimento científico em um conhecimento que possa ser ensinado, Fenstermacher (1994) denomina de conhecimento pedagógico do conteúdo - PCK o conhecimento do professor que interliga um conhecimento formal sobre o ensino, elaborado e



validado pela comunidade científica, e um conhecimento de natureza prática, desenvolvido pelo professor através da experiência do trabalho docente.

A seguir, iremos discutir os resultados dos questionários que recebemos respondidos. Até o final do primeiro semestre de 2016, tivemos retorno de 25 professores e seus respectivos questionários, sendo eles de oito universidades distintas. Recebemos 1 questionário de professor vinculado à Unifei; 2 à UFSJ; 1 à UFTM; 2 à UFU; 3 à UFOP; 2 à UFMG; 6 à UFV e 8 à UFJF; informações detalhadas sobre a formação e disciplinas ministradas à época da pesquisa, podem ser consultadas no Apêndice 2. A quantidade de questionários é pequena frente ao número de docentes que estão lecionando nas universidades mineiras. Acreditamos que esse número reduzido de respostas ao questionário se deva ao número também baixo de professores que abordam esse tema diretamente em suas disciplinas<sup>25</sup>. Tal dificuldade também foi enfrentada por Rogado (2000) que em sua pesquisa de mestrado, concluiu que os professores investigados por ele apresentavam certa indisposição ao falar sobre o tema.

## 5.2. As principais considerações apontadas pelos docentes

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, 22 afirma abordar este assunto em suas aulas e em diferentes disciplinas. Entretanto, três respondeu não trabalhar a temática, principalmente por estar ministrando disciplinas relacionadas à educação química.

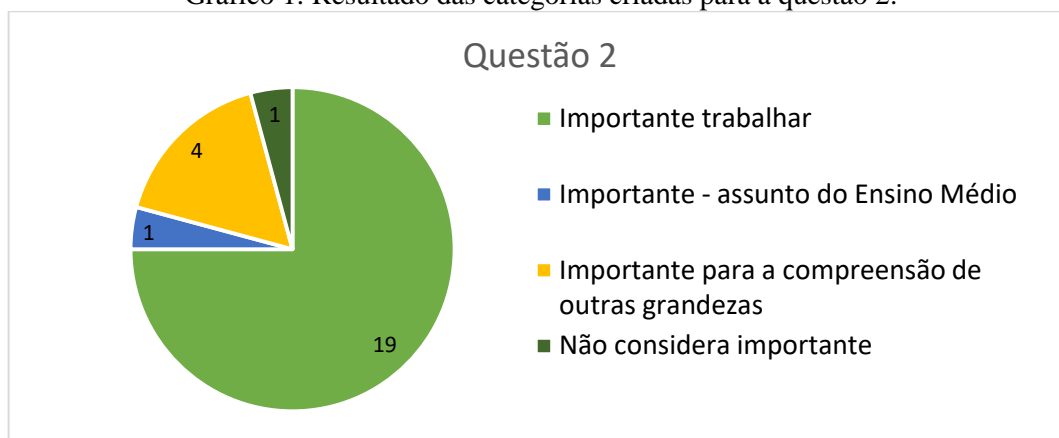
Como esperado, a maioria dos respondentes trabalha com o conceito de Quantidade de Matéria uma vez que toda a química é permeada por esta grandeza e pela unidade de medida, mol.

Em relação à questão 2, que se referia à importância de trabalhar o conceito de Quantidade de Matéria, agrupamos as respostas em algumas categorias criadas a *posteriori*, sendo elas:

---

<sup>25</sup> Tomando como exemplo a UFJF, que durante o primeiro semestre de 2018 contava com 40 professores no Departamento de Química, sendo que somente quatro lecionam a disciplina de Química Fundamental. Esta é a única disciplina que consta em seu ementário de uma referência direta ao estudo do mol. Ou seja, somente 10% do corpo docente trabalha diretamente com o tema, número convergente ao número de questionários recebido por nós.

Gráfico 1: Resultado das categorias criadas para a questão 2.



Fonte: Dados da pesquisa

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

A maioria dos docentes participantes da pesquisa (19), 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 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, temos um professor que considera que a temática Quantidade de Matéria deveria ser melhor trabalhada na Educação Básica. Ele afirma “é uma unidade

essencial para falar de química. Gostaria que os estudantes já viessem do Ensino Médio com o conceito, mas como nem sempre isso acontece, acabo tendo que trabalhar isto de alguma forma” (P20). O professor em questão, leciona disciplinas de Química Analítica avançada, com isso, é possível perceber que os discentes chegam a essas disciplinas ainda com certa dificuldade de compreensão do mol.

Como foi possível perceber nas discussões realizadas no capítulo 1, a grandeza em questão é trabalhada em salas de aula da Educação Básica, mas muitas vezes o objetivo de ensinar esse conteúdo não é contemplado em sua totalidade. Tratando dessa temática, Rocha-Filho e 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 desse conhecimento.

### *Categoria 3: Importante para a compreensão de outras grandezas físicas*

Dos 25 docentes que responderam a nossas questões quatro 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, um professor considera que não seja importante trabalhar com essa temática, como argumentou:

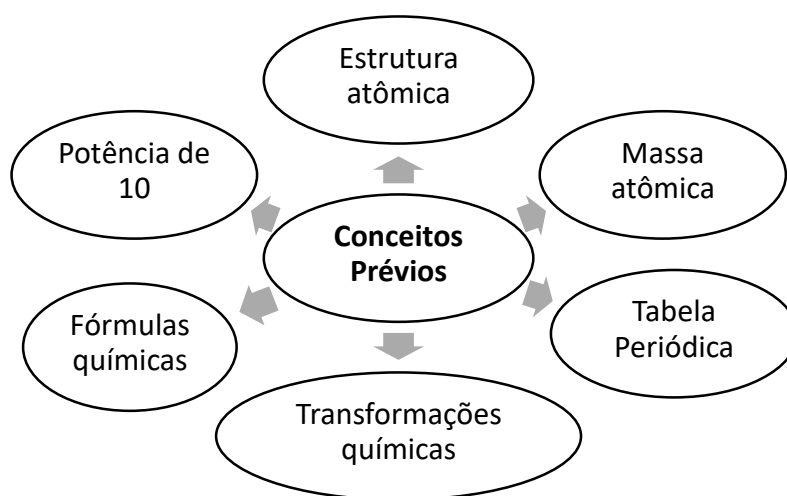
Sinceramente, não. Acredito que há outros assuntos mais relevantes para serem desenvolvidos em sala de aula. Oriento os alunos a darem menor ênfase aos aspectos matemáticos, valorizando mais os fenômenos, os conceitos e as representações (P16).

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. Essa compreensão do docente pode estar arraigada às disciplinas que leciona, por se tratar de Química Orgânica avançada, ele percebe outros assuntos como mais importantes.

Ao serem indagados sobre quais conceitos prévios o estudante deve estar familiarizado para compreender a grandeza Quantidade de Matéria (Questão 3), surgiram uma gama de conceitos, tais como:

Figura 14: Conceitos prévios para a compreensão da ‘Quantidade de Matéria’.



Fonte: Dados da pesquisa

Podemos perceber que todos os conceitos prévios destacados pelos docentes, exceto a potência de 10, relacionam-se com conhecimentos da química. Sendo assim, 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 que envolve o 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 estudantes ao estudarem a temática, quatro não a responderam, sendo que a partir das respostas dos demais entrevistados, foi possível agrupá-las nas seguintes categorias:

#### *Categoria 1: Compreensão do termo e sua utilidade*

Quase um quarto dos professores 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 SI para a grandeza Quantidade de Matéria, mais recentemente, em 2018, o mol passou por nova redefinição, como discutimos no capítulo 1 desta tese. Como em 1900 o conceito de mol criado por Wilhelm Ostwald (1853-1932) estava associado à unidade individual de massa, nem sempre as mudanças ocorridas foram incorporadas nos manuais, nos LD, 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). Rogado (2004) 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 (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 (JOHNSTONE, 2009). Nas respostas de sete professores verificamos 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

12C 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*

Muitos estudantes apresentam dificuldades com os cálculos que envolvem o mol, foi a resposta de cinco professores. Sabemos que a dificuldade com cálculos matemáticos não é incomum entre os estudantes em nossas IES e que isso pode ser um fator de desestímulo para a aprendizagem destes conteúdos, conforme relatado 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 três dos docentes entrevistados 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) 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” (p. 24), sendo este um aspecto importante para a compreensão das relações estequiométricas das reações. Os professores P5 e P7 comentam tal dificuldade enfrentada pelos estudantes:

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).

Na questão 5, que tratava do interesse do estudante pelo assunto, a maioria (16) respondeu que seus estudantes não se mostram interessados pelo assunto. Essa constatação de que os alunos não se interessam pela temática torna-se de certa forma complexa, uma vez que as disciplinas que tais professores lecionam não tem como foco principal tratar do mol, e sim sua aplicação para tratar de assuntos mais complexos inerentes à disciplina. Cinco professores afirmaram que seus estudantes se interessam pela temática e o restante (quatro) não respondeu. Nesse sentido, é importante que nós professores estejamos sempre engajados em buscar novas abordagens na tentativa de aumentar o número de estudantes que se interessem por estudar essa temática.

Em relação à dificuldade para trabalhar o assunto (Q6), 13 respondeu não apresentar dificuldade, oito afirmou apresentar dificuldade, enquanto quatro não respondeu.

Ao responderem se empregam alguma atividade experimental para trabalhar a unidade mol (Q7), 18 respondeu que não e sete afirmou que sim. A partir das respostas, podemos perceber que os docentes que afirmaram utilizar atividades experimentais, discorreram sobre experimentos 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), sete 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

Como resposta a este item, oito dos professores afirma que utiliza a explicação teórica do conteúdo, empregando principalmente, projetor *Data Show* para ilustrações, discussão do conteúdo a partir do exposto no quadro e resolução de exercícios. Os professores que responderam abordar o conteúdo de forma teórica são os mesmos que responderam anteriormente ter certa dificuldade para abordar o tema ou que não responderam à Questão 6.

Diante disso, consideramos que por terem alguma dificuldade em trabalhar com o tema, esses docentes preferem tratá-lo da forma mais tradicional, evitando assim, possíveis equívocos.

### *Categoria 2: Utilizam-se de analogias*

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

Outras estratégias para abordagem do conhecimento foram citadas por cinco dos entrevistados. P3 afirmou utilizar mapas conceituais, mas não explicou como realiza tal atividade; os demais afirmaram procurar aproximar o conteúdo da realidade vivida pelo aluno, assim:

Nas minhas disciplinas o que facilita o entendimento é 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).



Pelo exposto acima, podemos inferir que os docentes de universidades de Minas Gerais apontam que os estudantes enfrentam problemas semelhantes aos já discutidos no capítulo 1, no levantamento bibliográfico. Com a análise das respostas, podemos perceber que a grandeza Quantidade de Matéria e sua unidade, mol, é pouco compreendida - na perspectiva dos docentes - por estudantes 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.

Percebemos também, que não é utilizada por parte dos docentes nenhuma estratégia diferenciada ao abordar esse conteúdo além do uso de analogias amplamente empregadas nos LD. A discussão da temática Quantidade de Matéria 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 HC para o ensino.

## CAPÍTULO 6

---

### INTERVENÇÃO A PARTIR DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA: AS TURMAS DE GRADUAÇÃO

Considerando a revisão de literatura por nós realizada e a análise dos questionários aplicados aos docentes, compreendemos quais os principais entraves ao processo de ensino e aprendizagem do conceito de Quantidade de Matéria. Nesse sentido, buscamos criar uma estratégia didática que pudesse contribuir com a aprendizagem dos estudantes.

Nossa proposta buscou valorizar a HC, com o objetivo de que os estudantes reelaborassem o conceito de Quantidade de Matéria e sua unidade, o mol, a partir da construção histórica do tema. A intervenção se dividiu em duas disciplinas, a primeira, Introdução à Educação Química, por apresentar a característica de ser uma disciplina oferecida a estudantes ingressantes na graduação em Licenciatura em Química. Sendo assim, estes estudantes apresentam conceitos relacionados à vivência no Ensino Médio. Já a segunda disciplina, Iniciação à Pesquisa no Ensino de Química, está no extremo oposto da matriz curricular dos Licenciandos, em que os estudantes estão concluindo a graduação e logo poderão atuar na Educação Básica.

Acreditamos que ao realizarmos a intervenção nas duas disciplinas, conseguimos abarcar estudantes em níveis diferentes do conhecimento químico e assim, examinarmos se isso é um fator que influencia na compreensão da temática.

No presente capítulo, iremos apresentar primeiramente os apontamentos da intervenção com os estudantes iniciantes na graduação e em um segundo momento, a discussão da proposta didática com os Licenciandos em fase final de curso.

#### **6.1 A intervenção com os ingressantes da graduação em Química Licenciatura**

A intervenção ocorreu na disciplina de Introdução à Educação Química, oferecida no segundo semestre do ano de 2017, em duas turmas, uma no período diurno matutino e outra no noturno. Ambas as turmas apresentavam o mesmo docente responsável, o qual seguiu o mesmo cronograma para ambas as turmas. A disciplina era oferecida uma vez por semana, com carga horária de duas horas.

A turma do período diurno era composta por 25 estudantes, os quais, em sua maioria, cursavam o segundo ou terceiro período do curso de Licenciatura em Química, com exceção de um estudante já em fase de conclusão de curso e outra estudante, bacharel em Química, fazendo o doutorado em Química e concomitantemente a Licenciatura, todos os estudantes já haviam cursado a disciplina de Química Fundamental.

Já a turma do período noturno, composta por 16 estudantes, era mais heterogênea, havendo estudantes desde os períodos iniciais - incluindo estudantes que não haviam cursado Química Fundamental - e outros já mais avançados na graduação, sendo que estes últimos estavam desperiodizados, impossibilitando precisar em qual momento exato do curso encontravam-se.

Com o intuito de acompanhar a evolução dos estudantes, analisamos somente os resultados dos participantes de todas as etapas da intervenção. Na turma da manhã, 20 estudantes participaram integralmente das atividades<sup>26</sup> e na turma da noite, 11 estudantes. A intervenção realizada nas duas turmas seguiu o mesmo planejamento, sem prejuízo à nenhuma delas.

### 6.1.1 O primeiro encontro

No primeiro encontro, depois de explicarmos os objetivos do desenvolvimento da atividade, foi aplicado um pré-teste (Apêndice 3) com o finalidade de percebermos quais eram os pontos que precisavam ser abordados, mais detalhadamente. O pré-teste foi respondido pelos estudantes<sup>27</sup> durante os primeiros 20 minutos da aula. Ao analisá-lo observamos que a maioria não compreendia o conceito de Quantidade de Matéria e mol de forma correta<sup>28</sup>.

Na primeira questão, pedimos para que o estudante definisse, com suas palavras, o conceito de Quantidade de Matéria; constatou-se que na turma da manhã, um estudante respondeu parcialmente correto, 17 de forma incorreta e outros dois estudantes não

---

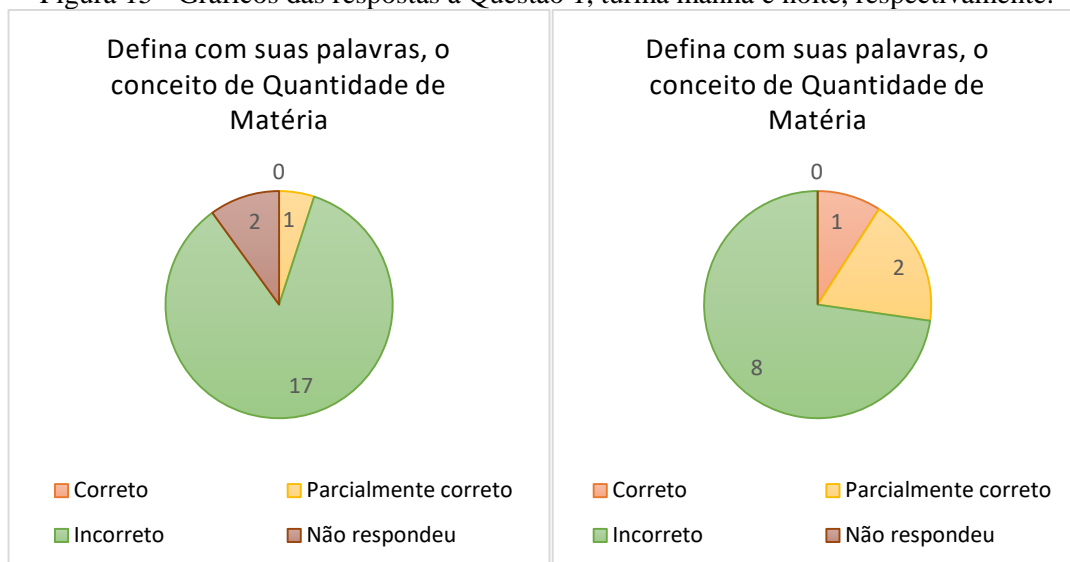
<sup>26</sup> Ao realizarmos a intervenção posteriormente à validação, tivemos na turma do turno da manhã, uma estudante que foi reprovada na disciplina anteriormente. Para que nossos resultados não fossem influenciados pela estudante - que já conhecia boa parte do que trabalhamos - optamos por retirar do *corpus* de análise as atividades por ela elaboradas. Principalmente por termos percebido que no pré-teste, a discente o respondeu correto integralmente, nos mostrando que ela retinha o conhecimento por nós abordado no ano anterior.

<sup>27</sup> Na análise dos dados, empregaremos a letra "E" para designar estudante, seguida da letra "M" para o turno manhã ou da letra "N" para o turno noite.

<sup>28</sup> Os resultados aqui apresentados foram levantados antes da redefinição de mol. Quando iniciamos a intervenção, em 2017, a definição em vigor era a proposta em 1971, justificando assim, o emprego dela para a análise dos dados.

responderam. Já na turma da noite, um estudante respondeu de forma correta, dois de maneira parcialmente correta e outros oito estudantes se equivocaram na resposta.

Figura 15 - Gráficos das respostas à Questão 1, turma manhã e noite, respectivamente.



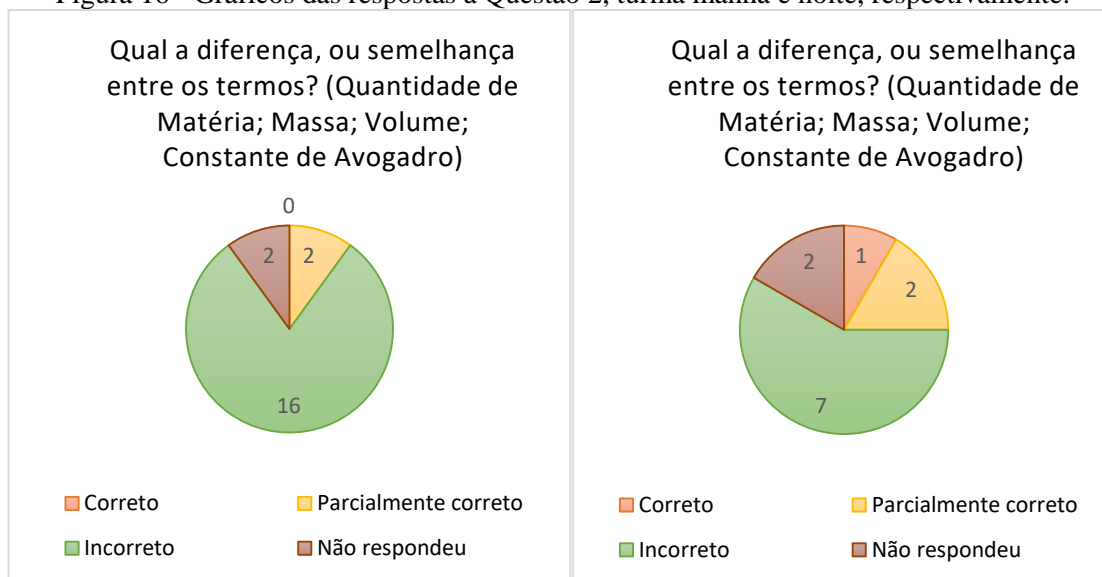
FONTE: Dados da pesquisa

Um dado que chamou bastante a atenção, foi a recorrência de respostas em ambas as turmas em que os estudantes confundiram o conceito de Quantidade de Matéria com o conceito de Matéria, como é possível perceber: “É tudo que possui massa e volume e ocupa um lugar no espaço” (EM19) e “é tudo aquilo que tem massa e ocupa lugar no espaço” (EN9). Esse fato foi também constatado por outros pesquisadores, tais como Rocha-Filho e Silva (1995) e Rogado (2000).

Como respostas parcialmente corretas, consideramos aquelas em que é perceptível que o aluno tem certa compreensão do assunto, mas pode não saber expressá-la adequadamente, como por exemplo: “Está relacionado ao número de partículas que compõem o sistema” (EM4) e “É uma quantidade  $x$  de um composto, elemento ou substância equivalente a 1 mol do mesmo” (EM8). Resultado parecido foi encontrado por Silva, Sousa e Oliveira (2013) os quais mostraram o panorama de uma pesquisa, em que os estudantes responderam a um questionário, e nele foi possível depreender que a grandeza Quantidade de Matéria é apenas memorizada pelos educandos, apresentando dificuldade de compreensão de tal conceito.

Na segunda questão, em que perguntamos a diferença ou semelhança entre os termos Quantidade de Matéria, Massa, Volume e constante de Avogadro, a maioria respondeu equivocadamente, sendo dezesseis dos vinte estudantes da turma da manhã e sete dos onze estudantes da turma da noite. Como pode ser observado na Figura 16:

Figura 16 - Gráficos das respostas à Questão 2, turma manhã e noite, respectivamente.



FONTE: Dados da pesquisa

Consideramos respostas parcialmente corretas àquelas em que o discente foi capaz de explicar algum conceito de forma correta, como por exemplo:

Quantidade de matéria: número de partículas que compõe o sistema. Massa: é uma unidade de medida, relacionado a substância sólida. Volume: unidade de medida, relacionado a substâncias líquidas. (EM4);

Todos utilizados em cálculos estequiométricos (EM3);

A constante de Avogadro representa a quantidade de matéria (moléculas) em um mol. Massa é uma medida de quantidade e volume é o espaço ocupado. (EN2).

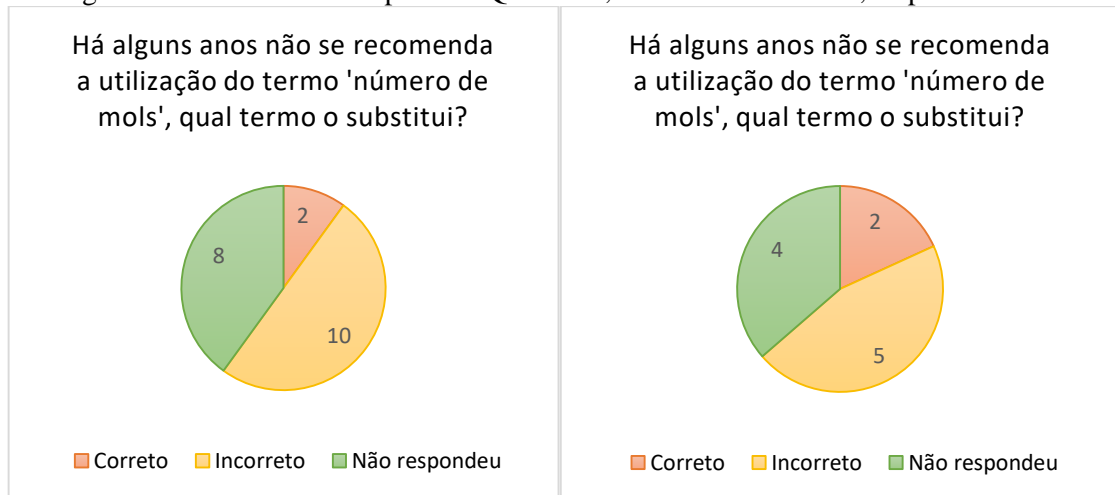
Já as respostas incorretas, percebemos que os discentes não possuíam compreensão de nenhum termo, assim: “Nomes diferentes mas o sentido é o mesmo.” (EM11).

As respostas apresentadas pelos estudantes nas questões 1 e 2, corroboram os resultados encontrados por 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. Lourenço e Marcondes (2003), também verificaram que os estudantes das séries iniciais do Ensino Médio, em sua maioria, definem mol como unidade de massa e não de Quantidade de Matéria, além de que alguns estudantes universitários também apresentam essa concepção (GARCIA, PIZZARO, PERERA, 1990).

Já na terceira questão, comentamos que não é recomendando o emprego do termo

‘número de mols’ e questionamos qual o termo que o substitui. Analisando os resultados expressos na Figura 17, observamos que a maioria dos estudantes respondeu erroneamente ou não soube responder.

Figura 17 - Gráficos das respostas à Questão 3, turma manhã e noite, respectivamente.

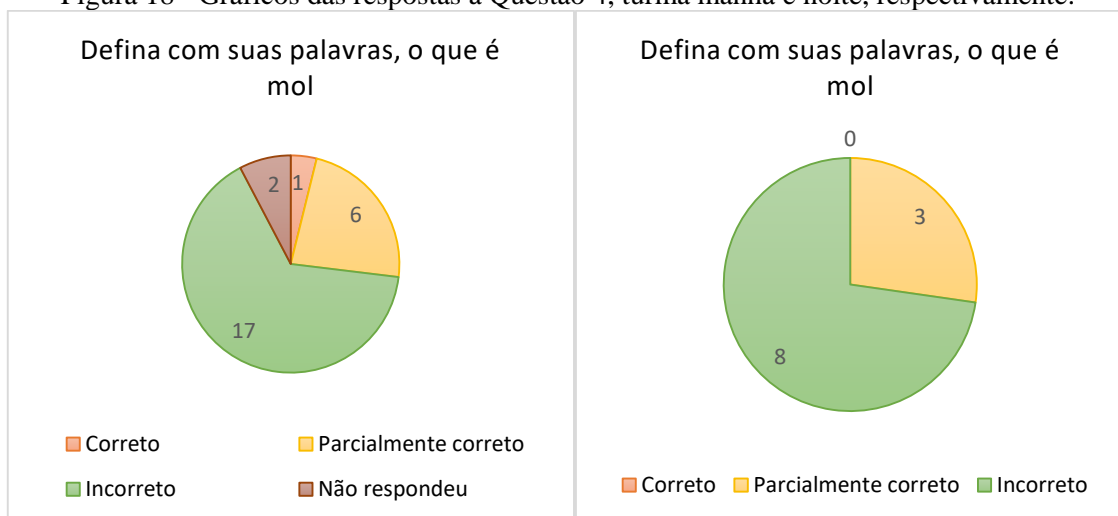


FONTE: Dados da pesquisa

Algumas das respostas foram: “Quantidade de mols (EM1; EM11; EN3)”; “Molaridade (EM6; EN6)”; “Massa molar (EM8; EM14)”; “Constante de Avogadro (EN9)”; Número de moléculas (EM2; EM3; EN8).

Na sequência do questionário pedimos ao estudante que definisse o mol, e as respostas expressas na Figura 18 nos mostra que os estudantes apresentam dificuldades para definir o mol.

Figura 18 - Gráficos das respostas à Questão 4, turma manhã e noite, respectivamente.



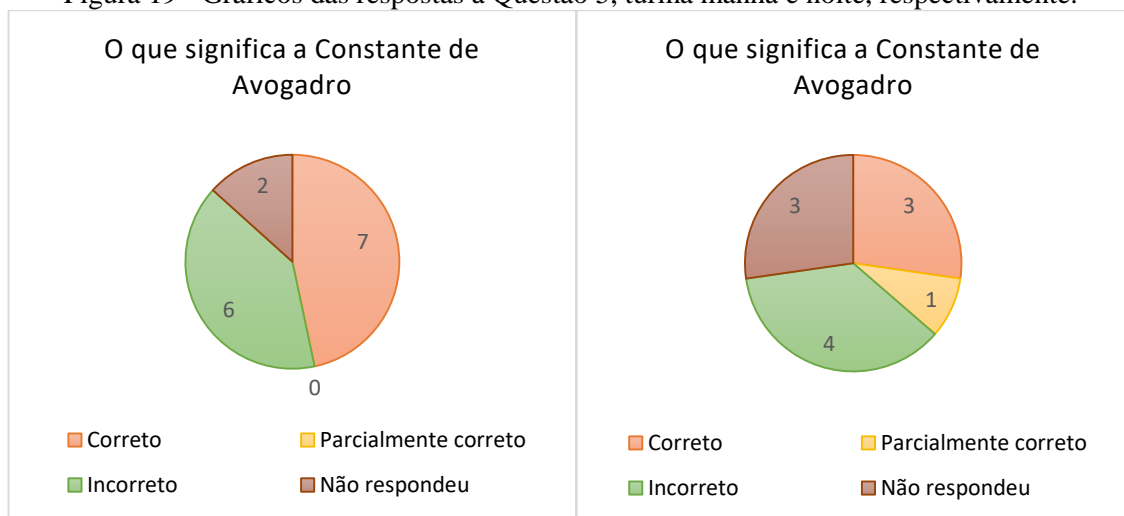
FONTE: Dados da pesquisa

A maioria que foi alocada na categoria das respostas erradas, atribuiu a definição de outros termos ao mol. O estudante EM2, atribuiu o sentido da constante de Avogadro para explicar o mol: “Mol é uma unidade de matéria microscópica transformada para macroscópica”. Outro estudante (EN09), trouxe uma discussão próxima ao significado de Quantidade de Matéria, tendo afirmado que “Mol é a quantidade de partículas que existem num determinado átomo ou molécula”, ou “Um mol é uma constante, que foi definido a partir de um determinado composto como referência para o estudo de outros (EN1).”

Na questão cinco, questionamos sobre o significado da constante de Avogadro, e foi possível perceber que a maioria apresenta concepções erradas sobre o conceito, como apresentado nos gráficos da Figura 19.

São exemplos de respostas equivocadas: “A constante de Avogadro equivale a  $6,02 \cdot 10^{23}$  mols, ela equivale a uma unidade de massa atômica (EM15)”. “A constante que se usa na definição de um mol, a constante usada na transformação de unidade de massa molecular para gramas (EM13)”.

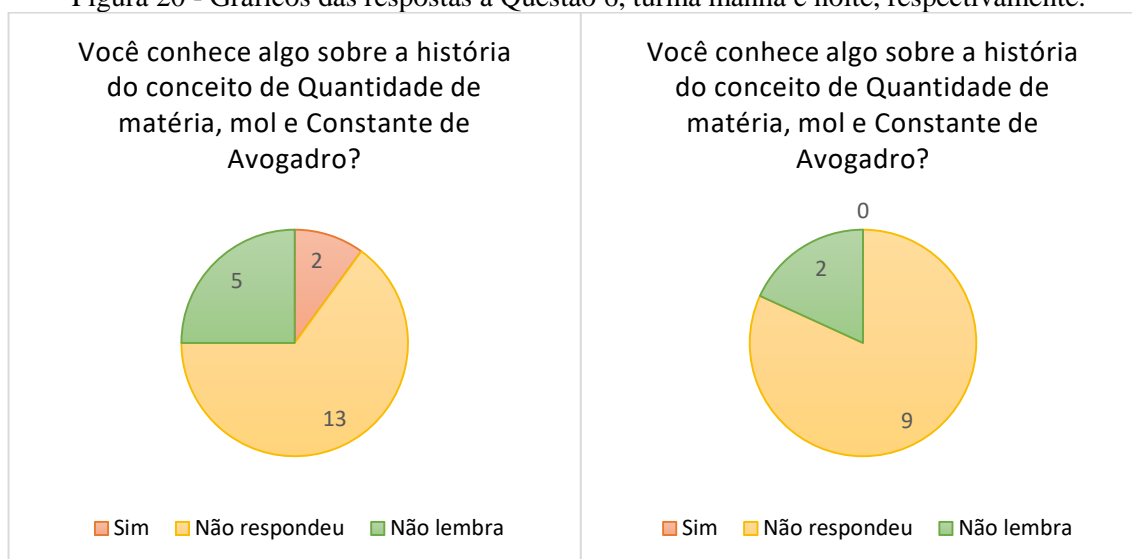
Figura 19 - Gráficos das respostas à Questão 5, turma manhã e noite, respectivamente.



FONTE: Dados da pesquisa

Na última questão, indagamos sobre o conhecimento do contexto histórico que permeia o tema tratado (Figura 20). A grande maioria não respondeu à questão e outros afirmaram que em algum momento nos seus estudos teve contato com o assunto do ponto de vista histórico, mas não se lembravam.

Figura 20 - Gráficos das respostas à Questão 6, turma manhã e noite, respectivamente.



FONTE: Dados da pesquisa

Os estudantes que responderam à questão positivamente afirmaram que:

Um pouco. Dalton com sua teoria que o átomo é maciço e indivisível contribuiu bastante (EM5).

Sim, o mol foi desenvolvido a partir da massa atômica do carbono 12 (EM15).

A partir dessas respostas, percebemos que o conhecimento sobre a HC envolvido na construção do conceito de Quantidade de Matéria ainda é muito superficial.

Podemos observar que o educando compreende o mol como uma simples grandeza, podendo refletir, 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 possibilitando formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações.

*A 2ª etapa da aula:*

Depois de realizado o pré-teste, seguimos com uma apresentação e discussão realizada por uma das pesquisadoras a partir de alguns episódios históricos que permeia o tema, iniciando no atomismo daltônico até a nomeação da constante de Avogadro por Perrin. Essa exposição histórica teve duração de aproximadamente 40 minutos e utilizamos imagens e ilustrações que representassem o assunto, de forma que os estudantes fossem remetidos a objetos de séculos



passados os quais não são comuns a eles.

Durante a exposição, procuramos incentivar a participação dos estudantes propiciando espaço para que apresentassem seus questionamentos e curiosidades, pois, concordamos com a afirmação de Abd-El-Khalick e Lederman (2000) que a abordagem de aspectos da natureza da ciência em sala de aula deve ser realizada de forma contextualizada, explícita e reflexiva. Sendo necessário enfatizar os conteúdos epistemológicos ou elementos de história ao abordar determinados conceitos ou episódios históricos, dando oportunidade ao estudante refletir acerca deles.

Em seguida, foi pedido aos estudantes para que formassem grupos, concordamos com Bar-Haim (1988) quando afirma que juntos os estudantes podem desenvolver um melhor trabalho, pois alguns são melhores como identificadores de problemas, outros como solucionadores de problemas; trabalhando juntos, podem todos desempenhar um trabalho mais eficaz. A eles foi entregue uma apostila (Apêndice 7) que abordava a temática da Quantidade de Matéria a partir da HC. Iniciamos trazendo o atomismo defendido por Dalton e concluímos com a definição da constante de Avogadro por Perrin, assim como fizemos na exposição oral. Essa apostila tinha por objetivo dar suporte para a atividade seguinte, além de guiá-los para pesquisas autônomas realizadas fora da sala de aula.

Propomos um estudo dirigido (Apêndice 4) cujo objetivo era gerar discussões entre os integrantes do grupo e contribuir para que reelaborassem o conceito tema da pesquisa a partir do desenvolvimento das respostas. Acreditamos que a escrita das respostas é um instrumento de aprendizagem muito importante, e com grande potencial para aumentar o entendimento sobre o assunto, uma vez que demanda um pensamento reflexivo que estimula a reorganização de ideias (RIVARD e STRAW, 2000).

Concordamos com Carvalho (2004) que afirma que as atividades extraclases são consideradas estratégias de ensino: fixação, revisão, reforço e preparação para aulas e provas, na forma de leituras e exercícios. Considerada uma medida eficaz para melhorar o desempenho do aluno, ao contribuir para a construção da sua autonomia e independência por meio do desenvolvimento de hábitos de estudos.

A fim de que tivessem mais tempo para pesquisar, discutir e responder ao estudo dirigido, foi acordado que a entrega desta atividade poderia ser na aula seguinte. O estudo dirigido foi composto por duas questões abertas, para que os estudantes pudessem se expressar livremente. Na primeira, fizemos a seguinte indagação: “Por quê foi importante a junção dos trabalhos de Dalton e Gay-Lussac para chegar à hipótese de Avogadro?”

Na turma do diurno, tivemos retorno do estudo dirigido de quatro grupos e do noturno, de dois. Para a primeira questão, percebemos que todos os grupos - de ambas as turmas - apresentaram respostas corretas, sendo que estas estavam muito próximas das discussões contidas na apostila. Foi possível perceber, que não houve uma busca por outros materiais de apoio para colaborar com a atividade. Como exemplo de respostas, temos:

Ambos os cientistas, Dalton e Gay-Lussac, estavam propondo conceitos acerca da combinação dos átomos e moléculas e seus comportamentos. No caso, Dalton teria contribuído pela ideia dos átomos diferentes se combinarem e formarem os tais “átomos compostos”. Gay-Lussac, utilizando-se desse conceito também, percebe que, a pressão constante, uma amostra sendo aquecida variava o volume proporcionalmente à variação de temperatura. Além disso, mostra que partindo de um mesmo volume, o aumento do volume era idêntico para qualquer gás.

Com base nesses estudos, que relacionavam o volume do gás e os números de moléculas nele contidos, Avogadro propõe suas hipóteses (Grupo 3 – manhã).

Já na segunda questão, iniciamos com a seguinte afirmativa: Na obra de Avogadro “Essay on a Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules”, de 1811, ele afirmou: *“A primeira hipótese que se apresenta a esse respeito, e que parece mesmo ser 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, p. 72). Atualmente, definimos a Quantidade de Matéria como uma das sete grandezas de base do SI, sendo o mol a sua unidade. O mol, é a Quantidade de Matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilogramas de carbono 12. As entidades podem ser átomos, íons, elétrons, moléculas. Em seguida, pedimos para que explicassem a relação entre a afirmação de Avogadro e a definição de mol que empregamos atualmente.

As respostas para essa questão, dos seis grupos - manhã e noite - mantiveram o mesmo padrão da questão 1, ou seja, todos os grupos responderam de forma correta, variando somente o grau de aprofundamento. Como exemplo, temos a seguinte resposta:

Quando Avogadro propõe “...o número de moléculas integrantes num gás qualquer, é sempre o mesmo a volumes iguais...” ele propunha que houvesse uma quantidade de matéria fixa, que independia do tipo de substância, e que ocupava um volume fixo também. Segundo a proposta atualmente aceita, 0,012 Kg de carbono 12 teriam o mesmo número de moléculas que outra substância ocupando o volume correspondente à massa do carbono em questão. No caso, Avogadro relacionou quantidade de matéria e volume e a convenção atual relaciona quantidade de matéria e massa. Contudo, a relação das grandezas com quantidade de matéria permite uma correlação entre massa e volume (Grupo 1 – noite).

Essa atividade se mostrou um pouco desestimulante aos estudantes quando comparamos com o comportamento deles ao confeccionarem a página do livro didático fictício. Acreditamos que seja pela carga de leitura necessária para sua realização. Com isso, a atividade se tornou um pouco cansativa. Esse comportamento é comum entre os estudantes universitários como afirma Queiroz (2001):

Menções sobre a flagrante dificuldade encontrada pelos estudantes de graduação em química na comunicação dos seus conhecimentos são constantemente feitas em revistas especializadas de educação em ciências. No caso particular da comunicação de ideias através da linguagem escrita verifica-se um agravamento considerável no grau destas dificuldades. Como o campo da química é potencialmente quantitativo, os currículos dos cursos de química no ensino superior, de uma forma geral, enfatizam o desenvolvimento de habilidades quantitativas, como a efetuação de cálculos e resolução de problemas, em prejuízo do desenvolvimento de habilidades qualitativas, como a escrita. Além disto, o uso frequente da linguagem matemática por parte dos alunos conspira para que esta situação se fortaleça (p. 143).

Por outro lado, percebemos que a atividade reforçou positivamente as discussões e conseqüentemente a aprendizagem, uma vez que todos os grupos responderam a ambas questões corretamente.

### **6.1.2 O segundo encontro**

No segundo encontro, iniciamos com uma rápida discussão para sanar dúvidas que por ventura ainda se apresentassem sobre as questões do estudo dirigido. Depois de terminada a discussão, uma das pesquisadoras apresentou os resultados de um estudo com livros didáticos indicados pelo PNLD 2015, mostrando os principais pontos positivos das obras, bem como detalhes que poderiam ser aprimorados ou mesmo retirados (FRANCO-PATROCÍNIO e FREITAS-REIS, 2017).

Terminada essa etapa, foi proposto para os grupos que eles se colocassem como autores e editores de livros didáticos e propusessem uma página de um livro fictício que versasse sobre o tema Quantidade de Matéria, enfatizando que eles deveriam ressaltar informações que julgassem ser primordiais ao entendimento do conceito. As páginas confeccionadas estão mostradas nas figuras de 21 a 26 a seguir:

Figura 21: Página criada pelo grupo 1 - turno manhã.

Química - Cap 7 - O MOL

# O MOL

Recapitulando...

medidas  $\xrightarrow{\text{representadas por}}$  Unidades  $\xrightarrow{\text{classificadas em (SI)}}$  
 Segundos  
 metros  
 Amperes  
 Litros  
 Kelvin  
 Candela  
 mol<sup>-1</sup>

Vocês  
Só?!

Vale lembrar que todos esses conceitos foram sendo construídos a partir da colaboração dos estudos de vários cientistas da época para formar as nossas concepções ATUAIS, usadas no ramo científico e acadêmico. Como foi com a determinação da Constante de Avogadro, iniciada pelo próprio cientista, e finalizada pelos estudos e experimentos de Jean Baptiste Perrin (1870-1942), que definiu o valor que usamos.

► O que é o mol?  
 ► A que se equivale?  
 ► Contexto histórico?

► O mol é definido como a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilogramas de carbono 12.

1) uma das sete grandezas de base do S.I. sendo o mol a sua unidade. As entidades elementares podem ser átomos, íons, elétrons, moléculas.

Obs: não se utiliza a expressão "número de mols".

► Se equivale a Constante de Avogadro<sup>2</sup>

2) constante de proporcionalidade que permite a passagem de quantidade de matéria para o número de entidades:  $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

Obs: não utiliza-se mais a expressão "número de Avogadro".

► O conceito de mol, introduzido por Wilhelm Ostwald (1853-1932) em 1900, foi inicialmente associado à unidade

51

FONTE: Dados da pesquisa.

Figura 22: Página criada pelo grupo 2 - turno manhã.

Quantidade de matéria e sua unidade, o mol

A quantidade de matéria está relacionada ao número de partículas que compõe um sistema, ou seja, se o número de partículas é alto, a quantidade de matéria também será. O mol é considerado a quantidade de matéria que um sistema com entidades elementares pode ter.

Quando se utiliza a unidade mol, as entidades elementares ou partículas, devem ser especificadas, podendo ser átomos, moléculas, elétrons, outras partículas ou agrupamentos especificados de tais partículas. Pode-se ainda concluir que o número de entidades elementares contidas em 1 mol correspondem a constante de Avogadro, cujo valor é de  $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

**Você sabia?**  
O conceito de mol, introduzido por Wilhelm Ostwald (1853-1932) em 1900, foi inicialmente associado à unidade individual de massa, devido ao seu cativismo inicial em relação à teoria atômico-molecular. Ostwald definiu mol como o "peso molar ou molecular de uma substância expresso em grammas".

Portanto a massa molar é a massa de  $6,02 \times 10^{23}$  entidades químicas e é expressa em g/mol.

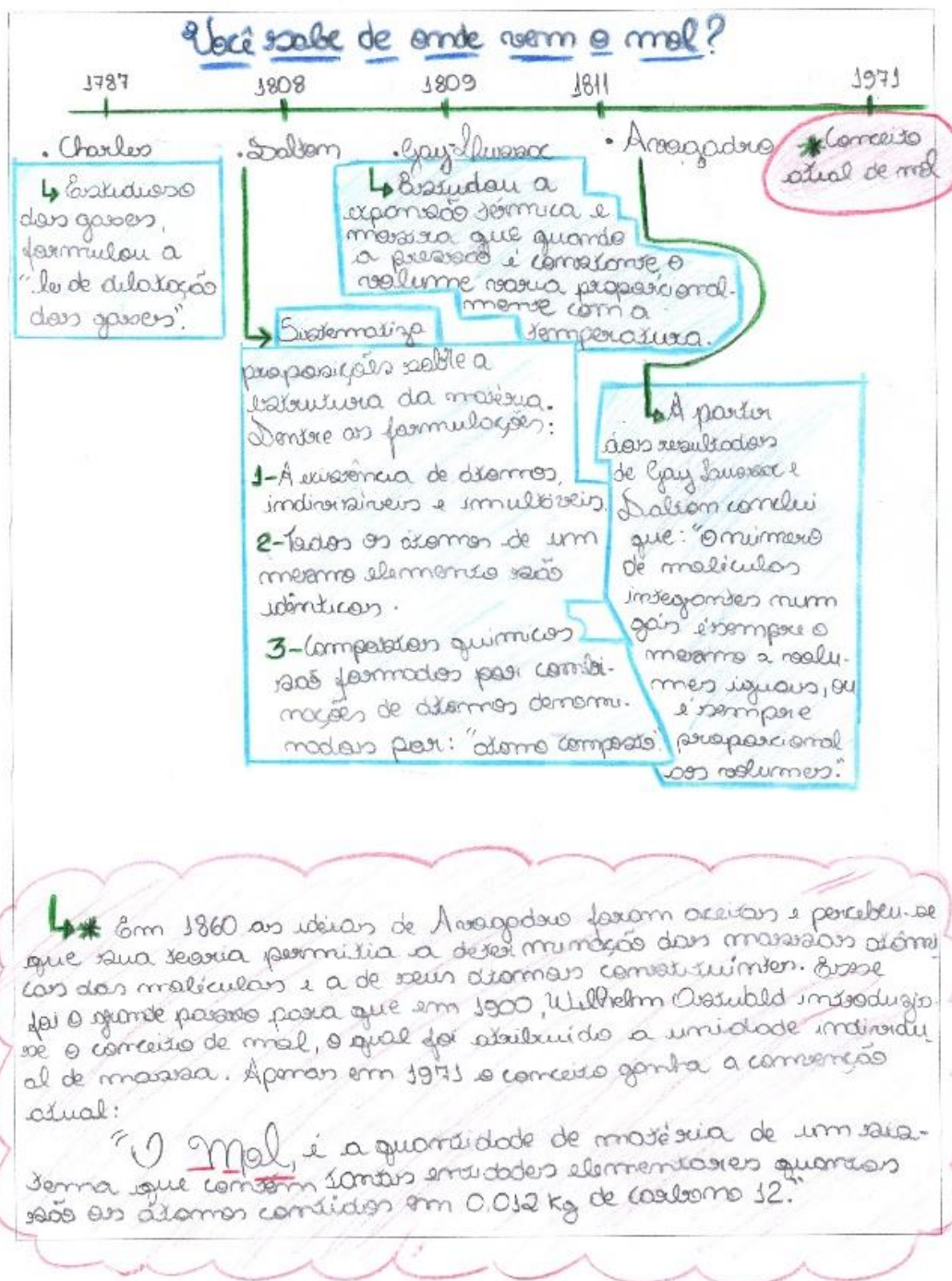
Exemplo:  $\text{H}_2\text{S}$   
 Massa Molecular: 34,1 u  
 Massa Molar (M): 34,1 g/mol

A massa molecular e a massa molar possuem os mesmos valores, o que as diferenciam é a unidade de medida, sendo que a massa molar se relaciona com o número de mols que é dado pela constante de Avogadro.

Pág 13

FONTE: Dados da pesquisa.

Figura 23: Página criada pelo grupo 3 - turno manhã.



FONTE: Dados da pesquisa.

Figura 24: Página criada pelo grupo 4 - turno manhã.


**MOL**


**O que é mol?** Mol é uma unidade de medida utilizada para expressar a quantidade de matéria microscópica, como átomos e moléculas.

**História do mol:** Em 1846 o químico Wilhelm Ostwald, usou pela primeira vez o termo "mol". Contudo, Amedeo Avogadro, no ano de 1811, já havia sugerido a ideia de mol, no qual dizia que a mesma quantidade de materiais diferentes apresentaria a mesma quantidade de moléculas, o que posteriormente foi denominado de Constante de Avogadro. Entretanto apenas no século XX o cientista Jean Perrin determinou qual é a quantidade presente em um mol, sendo esta  $6,02 \times 10^{23}$  entidades.

**Utilizações:** O Sistema Internacional de Medidas (SI), introduziu o mol, como uma unidade de medida para a grandeza quantidade de matéria.

**Exemplos:**

 1 mol de açúcar =  $6,02 \times 10^{23}$  grãos de açúcar.

 1 mol de comprimidos =  $6,02 \times 10^{23}$  comprimidos.

FONTE: Dados da pesquisa.

Figura 25: Página criada pelo grupo 1 - turno noite.

# Capítulo I

Verá sobre o que é um mol?

O mol é uma unidade de medida utilizada para expressar a quantidade de matéria microscópica, como átomos e moléculas. É um termo que vem do latim Mole.

**Curiosidades**

O mol foi proposto pela primeira vez em 1896 pelo químico Wilhem Ostwald.

**1.1 - Constante de Avogadro:** Foi proposta por Amadeo Avogadro, em 1813. Avogadro sugeriu que a mesma quantidade de matérias diferentes apresentaria a mesma quantidade de moléculas.

**1.2 - Pierre Jean Baptiste Reuven:** Século XX, é que os cientistas começaram a determinar qual é a quantidade de matéria presente em um mol, que é:

$$6,02 \times 10^{23}$$

A partir dessa descoberta, foi possível determinar a quantidade de mol de qualquer matéria ou composto de um átomo.

$n = \frac{m \text{ (g)}}{M.M. \text{ (g/mol)}}$  quantidade de matéria

**Nº de Mol**

**Teoria Atômica Molecular**

- Unidade de massa atômica:  $1u$
- $\frac{1}{12}$  da massa do  $^{12}\text{C}$
- Massa atômica:  $HA$   $u$
- Isótopos:  $Z =$   $HA \neq$
- Massa molecular:  $\Sigma HA$
- Exemplo:  $HA(H_2O)$   
 $2 \cdot HA_H + 1 \cdot HA_O$   
 $2 \cdot 3 + 1 \cdot 16 = 18u$

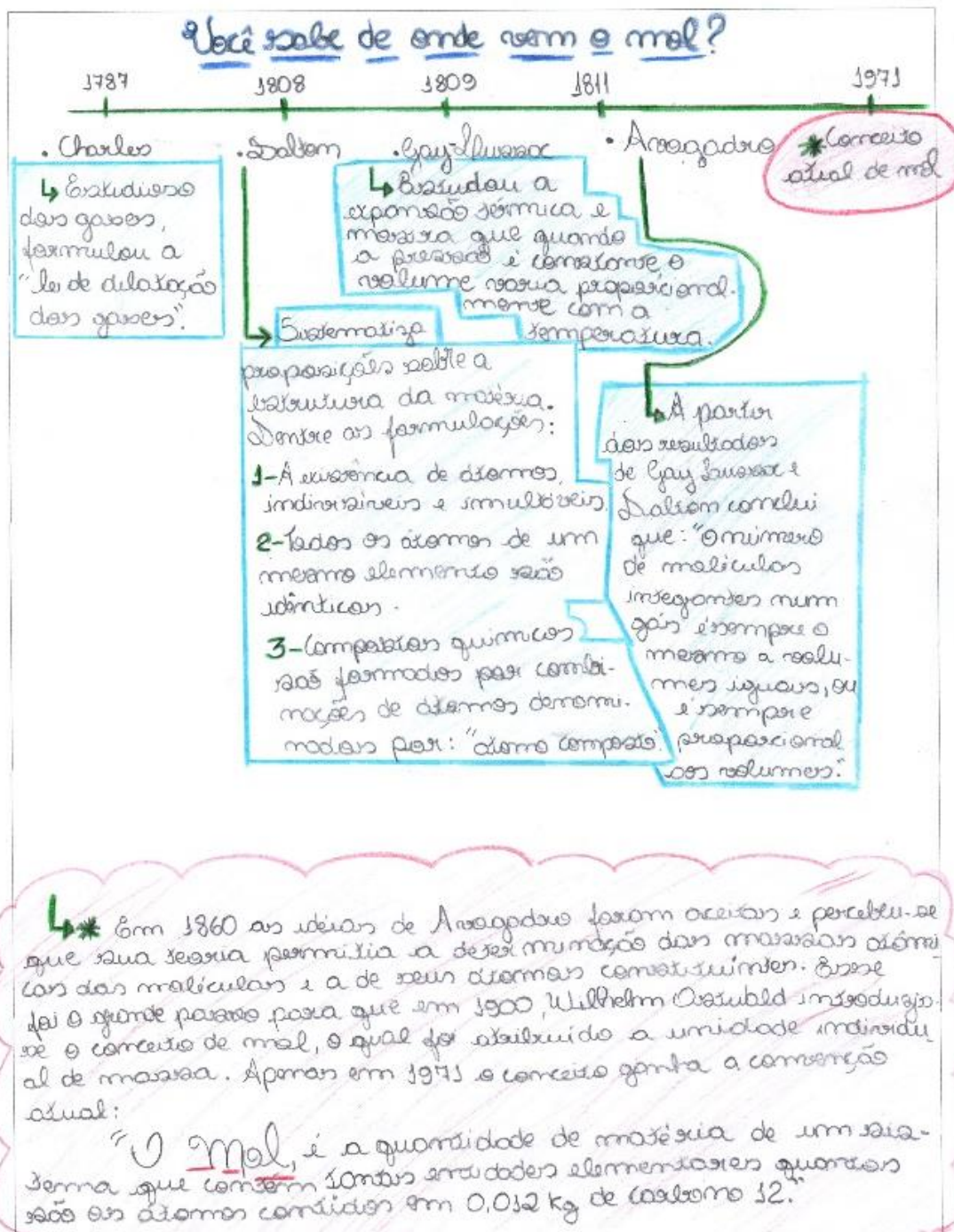
**Constante de Avogadro**

$$6,02 \times 10^{23} \approx 6 \times 10^{23}$$

FONTE: Dados da pesquisa.



Figura 26: Página criada pelo grupo 2 - turno noite.



FONTE: Dados da pesquisa.

Percebemos que essa atividade se mostrou a mais interessante para eles, muitos buscavam na internet informações para complementar, discutiam sobre as informações que continham na apostila e que deviam estar também na página fictícia, além de debaterem sobre a ordem que as informações deveriam ser dispostas. Durante a atividade, percebemos que todos

os integrantes dos grupos estavam motivados na confecção do recurso didático, principalmente a turma da manhã.

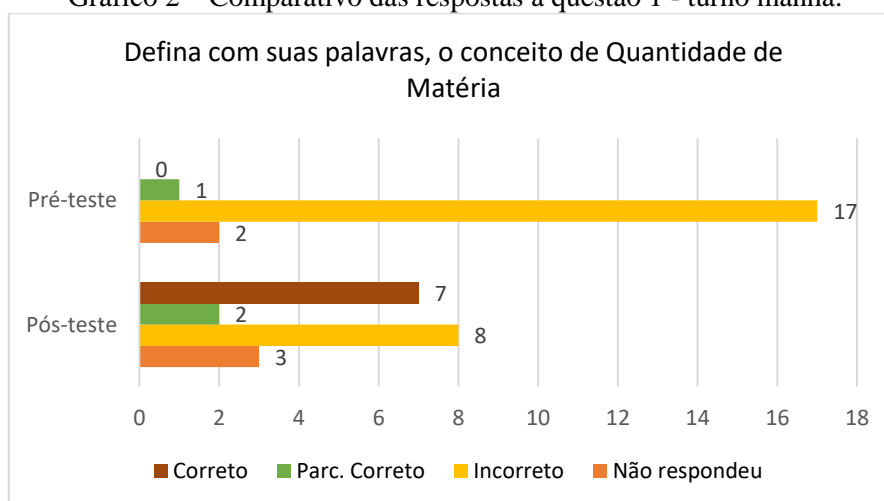
Em contrapartida, verificamos que as informações históricas continuaram dispostas da mesma forma que encontramos nos livros didáticos disponíveis nas escolas públicas brasileiras (FRANCO-PATROCÍNIO e FREITAS-REIS, 2017). Percebemos que os estudantes utilizaram-se de chamadas do tipo: “Você sabia?” ou “Curiosidades” como forma de chamar a atenção do leitor para uma informação que no caso, para eles, tem caráter complementar e não como parte do corpo principal do texto. Vemos que este tipo de abordagem se encontra arraigado nos estudantes, pois mesmo se tratando de grupos diferentes, utilizaram da mesma abordagem para o conteúdo. McComas (2013) corrobora esse dado ao afirmar que:

Quando os cientistas são mencionados, suas contribuições estão limitadas a poucas frases, talvez uma figura, e às datas de nascimento e morte - usualmente nas laterais do livro-texto. Essa posição, aliás, quase garante que os estudantes e professores ignorarão o potencial oferecido por tal conteúdo (McCOMAS, 2013, p. 433).

Nos últimos 15 minutos restantes da aula propusemos um pós-teste (Apêndice 6), que seria utilizado como uma ferramenta para analisarmos o potencial de nossa estratégia didática.

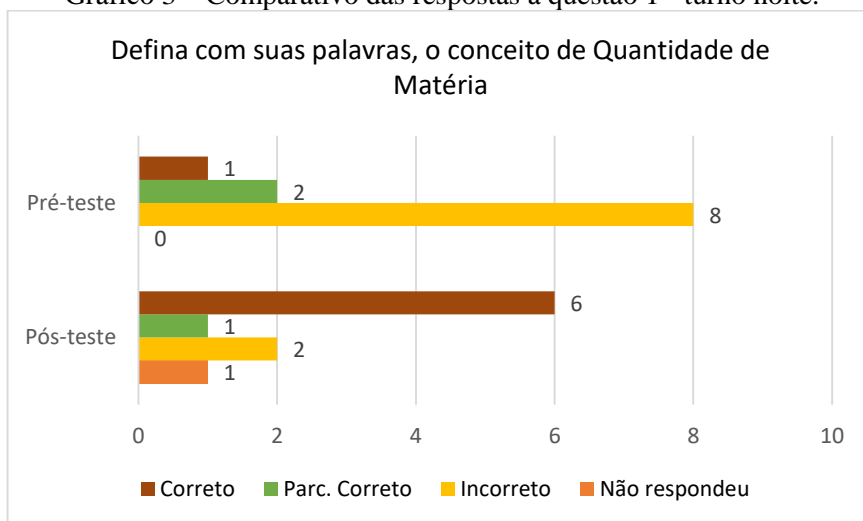
Em relação à questão um, em que pedimos para definir o conceito de Quantidade de Matéria - assim como no pré-teste - percebemos que houve uma acentuada melhora no quantitativo de acertos à questão. Como pode ser observado nos gráficos 2 e 3:

Gráfico 2 – Comparativo das respostas à questão 1 - turno manhã.



FONTE: Dados da pesquisa

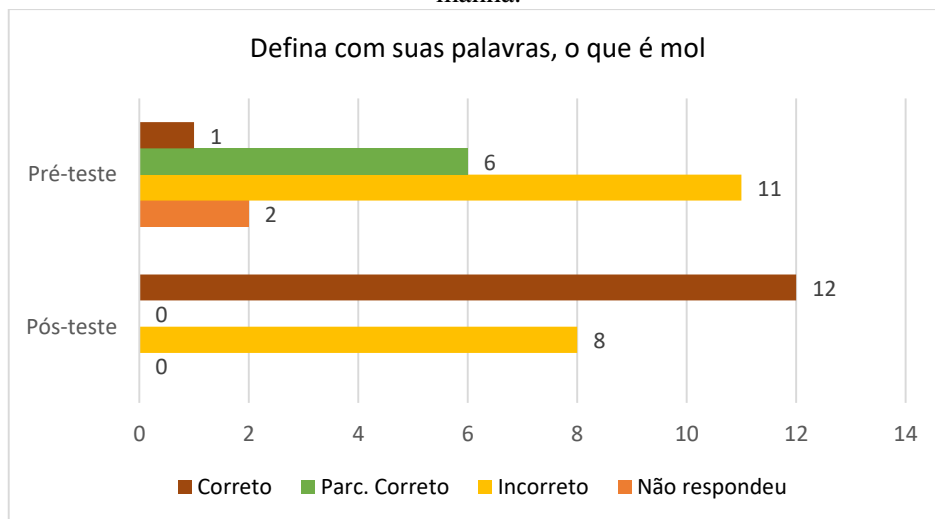
Gráfico 3 – Comparativo das respostas à questão 1 - turno noite.



FONTE: Dados da pesquisa

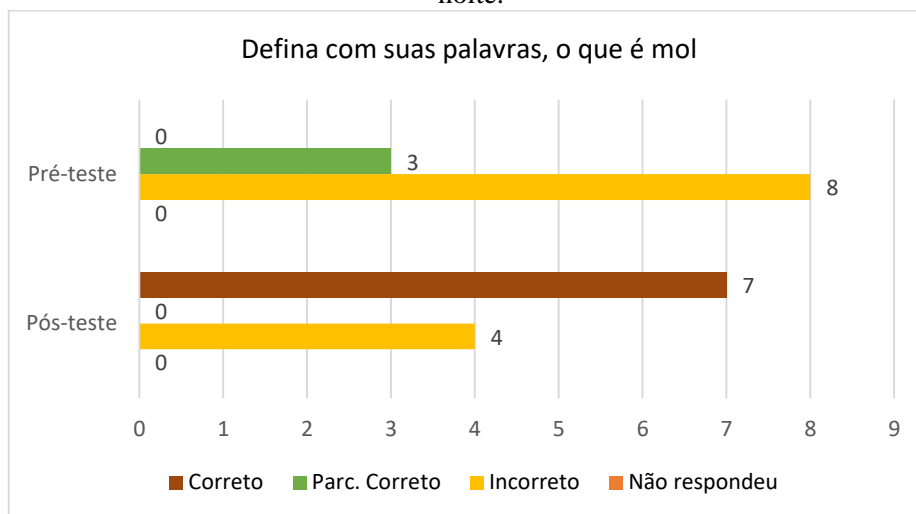
Na questão dois, pedimos para que definissem o mol, e os resultados mostram que houve uma melhora no percentual de acertos (gráficos 4 e 5):

Gráfico 4 – Comparativo das respostas à questão 2 do pós-teste com a questão 4 do pré-teste - turno manhã.



FONTE: Dados da pesquisa

Gráfico 5 – Comparativo das respostas à questão 2 do pós-teste com a questão 4 do pré-teste - turno noite.

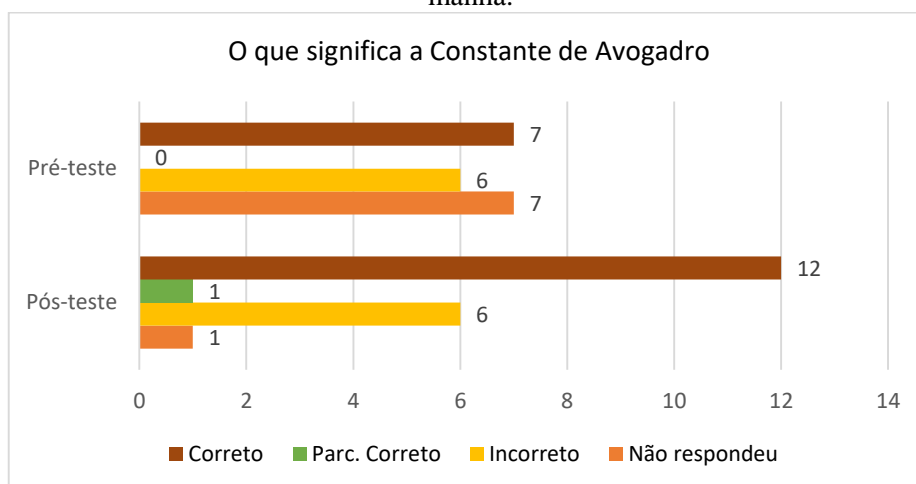


FONTE: Dados da pesquisa

Na questão três, eles deviam discorrer sobre o significado da constante de Avogadro, podemos perceber pelos gráficos 6 e 7 que houve melhora no quantitativo de respostas corretas. Compreendemos que o número de estudantes que responderam erroneamente à questão considerou a constante de Avogadro como o número absoluto, negligenciando que se tratava do valor para um mol, este fato nos mostrou que é necessário reiterar o conceito da constante por diversos momentos, buscando minimizar o hábito dos estudantes de decorarem e por vezes não refletem sobre o real significado para aquelas informações numéricas. Exemplos de como ocorreu esse equívoco pode ser observado pelas respostas seguintes: “A constante de Avogadro equivale a  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas/átomos e representa 1 mol (EM12)” e “É uma constante que define a quantidade de matéria, representada em  $6,02 \cdot 10^{23}$  unidades (EN8).”

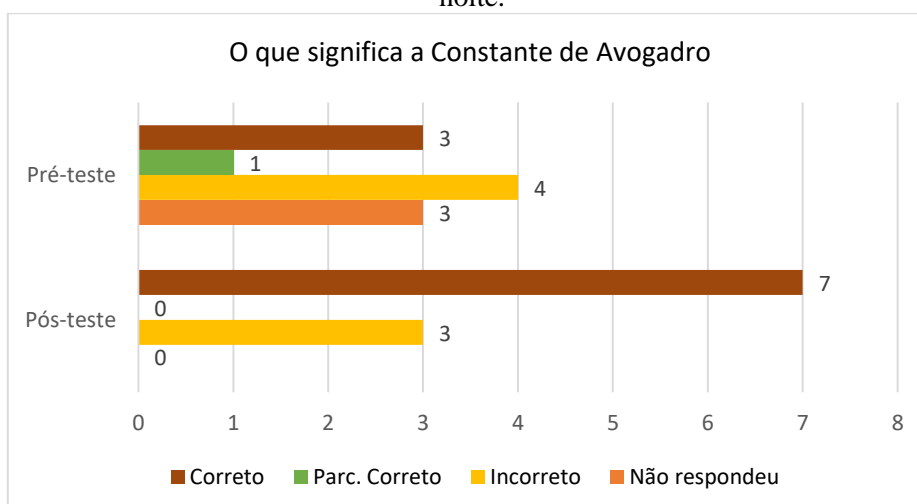
Apresentamos, então, um comparativo de respostas das questões 3 e 5, respectivamente, do pré-teste e do pós-teste.

Gráfico 6 – Comparativo das respostas à questão 3 do pós-teste com a questão 5 do pré-teste - turno manhã.



FONTE: Dados da pesquisa

Gráfico 7 – Comparativo das respostas à questão 3 do pós-teste com a questão 5 do pré-teste - turno noite.



FONTE: Dados da pesquisa

Já a questão quatro, pedimos que os estudantes comentassem se a abordagem da HC contribuiu para que eles compreendessem os conceitos trabalhados, sabemos que a pergunta traz um pressuposto, mas estávamos interessados em como os discentes argumentariam frente à questão. Todos os estudantes consideraram relevante a contextualização histórica para a aprendizagem, afirmando que foi mais fácil compreender o assunto a partir da abordagem histórica.

Uma estudante respondeu o seguinte: “Sim, pois antes da abordagem feita da história da ciência, não sabia responder as perguntas devidamente, após os conceitos trabalhados foi possível obter uma compreensão sobre os conceitos (EM6)”. Ao retornar às respostas da

estudante, realmente foi possível comprovar que depois da abordagem, ela respondeu todo o pós-teste de forma correta, confirmando assim, que realmente ela evoluiu na compreensão dos conceitos trabalhados. Outras respostas foram:

Sim, pois sem a abordagem da história da ciência fica um conceito muito vago e decorado (EN5).

Sim. Pela abordagem, pude compreender a diferença entre os conceitos e o que cada um representa, pois como são palavras sempre presentes no cotidiano acadêmico e somos acostumados a usar as leis e os conceitos estabelecidos sem nos importar o que realmente elas representam, e pela história da ciência esse conhecimento ficou mais claro (EN10).

Essas respostas corroboram Tolvanen et al. (2014) quando afirmam que uma vez que os estudantes estejam familiarizados com os fatos históricos, eles se tornam mais receptivos ao aprendizado de detalhes mais complexos do fato científico.

### 6.1.3 Atividade avaliativa da disciplina

A última etapa da intervenção se deu a partir de uma questão que compôs uma das atividades avaliativas da disciplina. O docente regente, nos deu a oportunidade de elaborarmos uma questão, sendo que essa seria parte integrante de sua avaliação. A questão que propusemos foi a seguinte:

Em 1913, o físico-químico Jean Baptiste Perrin (1870-1942) publicou a obra *Les Atomes*, em que tratou de diversos temas relacionados à teoria atômica, tendo ilustrado em uma tabela os resultados para a determinação de uma constante 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). Considerando as informações acima, comente a partir do contexto histórico sobre qual constante Perrin se debruçou nesse estudo e os motivos que o levou a estudá-la.

Ao analisar as respostas dos estudantes, em relação à turma da manhã, 12 estudantes responderam de forma correta, quatro de forma incompleta, porém correta, e três de forma incorreta. Já os estudantes do noturno, seis responderam de forma correta, três equivocadamente e dois não responderam. Como exemplo de resposta que consideramos completa, temos a discussão feita pelo estudante EN2:

Nessa época, alguns pesquisadores como Boyle e Gay Lussac estavam estudando o comportamento dos gases a partir de algumas definições pré-estabelecidas por Dalton. Havia uma grande especulação na ciência sobre a atomística.

Pouco tempo depois, Avogadro ao estudar as relações entre pressão, volume e temperatura, descritas por Boyle e Gay Lussac, observa que o número de moléculas/partículas em um volume determinado era sempre constante, independente do gás. Ou seja, qualquer gás ocupando o mesmo volume tem o mesmo número de moléculas.

Esse trabalho ficou esquecido por um tempo, até que Perrin, observando sua relevância, o estuda e determina o valor da constante que representava o número de moléculas definido por Avogadro.

Um estudante respondeu à questão de forma correta, somente se confundiu ao afirmar que vários cientistas fizeram experiências, quando na verdade, foi Perrin que realizou vários experimentos. Mesmo com esse engano, podemos perceber que o estudante compreendeu o assunto, em suas palavras: “A constante na qual Jean Perrin se debruçou foi a constante de Avogadro que depois de várias experiências feitas por diferentes cientistas, conseguiram apurar os resultados verificando que aquilo era algo que realmente dava certo” (EM11).

Outro estudante fez uma longa discussão levando em conta também, a importância do mol para a Química e a visão do estudante sobre a ciência, vejamos:

O mol, algo que para o aluno do curso de química é algo tão simples e cotidiano, mas que muitos não sabem de onde surgiu ou como.

É um conceito complicado, trata-se da quantidade de matéria, mais numa quantidade gigante, e que não podemos ver. Historicamente a sua descoberta foi um grande avanço para a ciência, pois com a constante de Avogadro podemos então quantificar as moléculas, é então possível calcular a concentração da solução. Como seria possível calcular a dose de um remédio sem esse conhecimento?

É interessante descobrir como foi descoberto o valor da constante de Avogadro, temos na cabeça que as grandes descobertas científicas foram feitas de mentes brilhantes de um dia para o outro, mas que na realidade foram apenas os resultados de longos anos de trabalho (...) (EM3).

Consideramos como resposta correta parcial, discussões que não se remetiam ao contexto histórico que permeou os trabalhos de Avogadro e aqueles que não se remeteram explicitamente à constante, como por exemplo a resposta de EM17:

Dizia-se que a ciência deveria tratar assuntos somente de objetos e fenômenos que poderíamos ver, daí quando surgiu a ideia do átomo por muitos anos não foi aceito, pois é algo que não podemos ver.

A partir de então, criou-se conceitos e teorias para explicar átomos, partículas, e uma ideia que surgiu foi o movimento browniano, que é o movimento de partículas coloidais. Muitos cientistas, teóricos e experimentalistas, tentaram resolver o problema do movimento browniano. Foi aí que Perrin inicialmente, com a determinação da constante de Avogadro, se debruçou no estudo do movimento browniano através da observação ao microscópio da sedimentação das partículas, para provar sua teoria.

Ao analisarmos os resultados como um todo, percebemos que os estudantes em início

da formação em Química ainda apresentam defasagem em conceitos químicos importantes, como o conceito de Quantidade de Matéria e mol. Entendemos que a abordagem a partir do contexto da HC muito contribuiu para a compreensão do assunto, uma vez que houve uma melhora acentuada no quantitativo de acertos às questões propostas.

Além disso, muitos estudantes comentaram sobre a importância de conhecerem a realidade dos cientistas de épocas distantes, para compreenderem como se deu o processo de construção de uma teoria científica, suas controvérsias e seus interesses. Sendo assim, concordamos com Hodson (1991) quando afirma que a aprendizagem das ciências necessita ser acompanhada de uma aprendizagem sobre as ciências, oportunizando aos estudantes a compreensão de que o conhecimento científico é construído a partir de uma rede de ideias elaboradas por diversas pessoas e em tempos diferentes.

## **6.2 A intervenção com os graduandos em final de curso**

### **6.2.1 A disciplina e os sujeitos participantes**

A intervenção foi realizada na disciplina de Introdução à Pesquisa no Ensino de Química. Essa disciplina faz parte do conjunto de matérias que devem ser cursadas no último período da Licenciatura em Química na UFJF e é ministrada por uma das pesquisadoras. Já é comum no curso, ter um número reduzido de estudantes nos últimos períodos, visto que pelo fato de o curso de Licenciatura ser noturno e possuir vários estudantes que exercem outras atividades além do curso, esses raramente se mantêm periodizados até o final. No período em questão, contávamos com apenas três alunas matriculadas na disciplina.

Realizamos a intervenção na disciplina durante o primeiro semestre de 2017. Entre as estudantes, havia uma Bacharel em Química cursando concomitantemente à Licenciatura, o Mestrado em Química Analítica<sup>29</sup> - denominada aqui de Licencianda A -; outra estudante cursando o último semestre de Licenciatura em Química e já lecionando na rede particular de ensino - denominada de Licencianda B - e uma Bacharel em Química, cursando o Mestrado em Educação Química<sup>30</sup> e a Licenciatura - denominada de Licencianda C.

---

<sup>29</sup> A estudante já tinha experiência em docência na rede pública estadual de Minas Gerais, além de ter participado do PIBID durante um ano durante a graduação.

<sup>30</sup> Teve experiência docente como monitora de um curso preparatório para vestibulares.



### 6.2.2 A intervenção didática

Nossa proposta nessa disciplina buscou contemplar os conhecimentos já adquiridos pelas Licenciandas durante a formação na Licenciatura, além de contribuir com as atividades inerentes à disciplina que estavam cursando.

Assim, realizamos em uma aula, o pré-teste - que fora o mesmo aplicado na disciplina de Introdução à Educação Química - seguida de uma abordagem pelo viés histórico da temática, a partir de uma apresentação em slides e discussão concomitantemente. É interessante frisar que durante a discussão, as Licenciandas se mostraram muito comunicativas, sempre ponderando suas experiências, dificuldades e angústias quando abordam esse tema em sala de aula.

Posteriormente à discussão, foi proposto para as Licenciandas que criassem um plano de aula<sup>31</sup> que versasse sobre a temática Quantidade de Matéria, levando em consideração a HC; para contribuir com o desenvolvimento da atividade, oferecemos a apostila (Apêndice 7). O plano de aula deveria ser enviado por e-mail para uma das pesquisadoras dentro do prazo de 15 dias.

### 6.2.3 Os resultados

No pré-teste, para a questão 1, “Defina com suas palavras, o conceito de quantidade de matéria” todas responderam de forma correta, como por exemplo: “Quantidade de matéria é uma grandeza que mede a quantidade de partículas em um sistema” (Licencianda C).

Na questão 2, “Qual a diferença, ou semelhança entre os termos? (Quantidade de Matéria, Massa, Volume e constante de Avogadro), foi possível perceber que houve maior dificuldade para responder e fazer as relações entre todos os termos, mas todas as Licenciandas conseguiram estabelecer relações, assim: “Esses termos são interligados no cálculo estequiométrico. A massa é diretamente proporcional à quantidade de matéria. A quantidade de matéria pode ser expressa por todos esses termos” (Licencianda A).

Na questão 3, em que indagamos sobre o termo que substitui a antiga nomenclatura ‘número de mols’, todas responderam corretamente. O mesmo ocorreu com a questão 4, em que pedimos para definir o mol e para a questão 5, que era para definir a constante de Avogadro.

---

<sup>31</sup> O plano de aula foi adotado como ferramenta de análise de conclusão da atividade, uma vez que as licenciandas responderam ao pré-teste todo corretamente. Logo, não faria sentido empregarmos do mesmo questionário como pós-teste.

Diante das respostas fornecidas para as questões foi possível identificar que as Licenciandas apresentavam maior compreensão sobre o assunto quando comparado aos estudantes de início de curso. É de se esperar esse resultado, uma vez que todas elas já estavam inseridas no ambiente de sala de aula e estudando para exames, como a prova de mestrado.

Por último, na questão 6 “Você conhece algo sobre a história do conceito de quantidade de matéria, mol e Constante de Avogadro?” todas as Licenciandas apresentaram respostas negativas, afirmando que “Conheço o que tem disponível nos livros didáticos” (Licencianda B) e outra que descreveu o que conhecia: “Sei que é muito difícil expressar a massa das partículas e por isso convencionou-se uma unidade, que é o mol” (Licencianda C). Diante das respostas a essa pergunta, percebemos que mesmo com mais tempo inseridas no curso de Química, o conhecimento sobre a história do tema ainda é bastante limitado.

Os planos de aula que foram elaborados pelas alunas (anexos A, B, C) apresentavam propostas diferenciadas, o que muito nos agradou por podermos ressaltar a individualidade dos interesses e dos caminhos trilhados por cada estudante. Em relação aos objetivos, as Licenciandas elencaram:

Objetivo geral: Compreender a grandeza quantidade de matéria a partir de uma discussão sobre o desenvolvimento histórico deste conceito. Objetivos específicos: Discutir a unidade Mol para expressar a quantidade de matéria e Identificar a relação entre quantidade de matéria e constante de Avogadro (Licencianda A<sup>32</sup>).

Objetivo geral: Apresentar o desenvolvimento do conceito de quantidade de matéria e o que é a constante de Avogadro. Objetivos específicos: Através da história da ciência, apresentar o desenvolvimento do conceito de quantidade de matéria; Apresentar o que é a constante de Avogadro e como ela foi definida; Mostrar as pesquisas que estavam sendo desenvolvidas na época em que o conceito de quantidade de matéria foi desenvolvido; Motivar a participação ativa dos alunos (Licencianda B).

Objetivo geral: Entender a unidade de grandeza ‘mol’. Objetivos específicos: Descrever o processo de descoberta da constituição da matéria; Contar sobre a descoberta das moléculas como união de átomos; Indicar a descobertas das massas atômicas como ponto inicial da unidade de grandeza ‘mol’; Definir ‘mol’ (Licencianda C).

Pelos verbos empregados pela Licencianda C, tais como: Contar, indicar, nos mostra que a mesma percebe a HC como mera ilustração para o conteúdo, não vislumbrando assim, suas potencialidades para o ensino.

---

<sup>32</sup> Aqui, optamos denominar os sujeitos participantes por licenciandas para evitar conflitos com a intervenção discutida anteriormente.

Em relação à proposta didática, a Licencianda A optou por fazer uma atividade experimental, empregando uma balança para introduzir a questão da quantificação e consequentemente da quantificação na Química, assim:

Os cientistas então tinham um desafio: como contar o número de entidades químicas (átomos ou moléculas) em certa quantidade de matéria, sendo essas entidades tão pequenas? O que vocês acham? Vamos fazer algumas observações aqui no laboratório pra gente compreender como os cientistas contornaram esse problema. Tenho uma pergunta pra vocês: qual unidade de medida é utilizada para comercializar arroz? A professora conduzirá a discussão para que se conclua que medir o arroz por unidades de peso (quilo ou gramas) é uma boa opção, visto que contar as unidades de grãos de arroz, como fazemos com ovos ou laranjas, seria muito difícil porque são entidades muito pequenas (Licencianda A).

A discussão da proposta leva o estudante à compreensão de que o mol é uma unidade de medida química, assim como o quilograma é a unidade de medida para massa. Em seguida, a Licencianda propõe fazer exercícios para que o estudante compreenda a constante de Avogadro.

A professora fará alguns exercícios no quadro de conversão de quantidade de matéria em número de entidades químicas e vice e versa, usando a constante de Avogadro, assim como quantidade de matéria em uma massa de alguma substância (por exemplo, da água) para relacionar com a massa molar. A professora deixará uma lista de exercícios que deverá ser resolvida e entregue na próxima aula (Licencianda A).

É interessante notar que, a proposta didática por ela criada valoriza a natureza quantitativa do conteúdo, muito embora ela tenha citado que seu objetivo geral compreendia a história do tema, não foi possível perceber em qual momento e como ela faria isso.

O plano de aula realizado pela Licencianda B, propõe que a abordagem seja feita em sala de aula na forma de discussão com os estudantes, com as carteiras em U, para que seja mais fácil a participação de todos. A Licencianda enfatiza que para iniciar a aula trataria da natureza da ciência:

O professor começará a conversar com os alunos sobre como eles acham que um conceito da ciência é desenvolvido/descoberto. Será que simplesmente a ideia surge na cabeça do cientista? O cientista trabalha sozinho? O desenvolvimento de um conceito deve demorar quanto tempo para se firmar? Assim, será iniciada uma discussão com os alunos sobre o desenvolvimento de conceitos da ciência.

Depois de iniciada essa discussão, através da utilização de slides, onde irá explorar os recursos oferecidos pelo computador para apresentar imagens que ajudem à compreensão dos alunos, o professor irá começar a fazer uma contextualização histórica do conceito de quantidade de matéria (Licencianda B).

Nessa apresentação de slides, a Licencianda afirma que realizaria uma discussão da contextualização histórica, mas é interessante notar que ela não conseguiu se desprender da abordagem realizada por nós em sala de aula. Ela propõe, basicamente, o mesmo que realizamos, assim:

Após à apresentação, o professor disponibilizaria para os alunos uma apostila onde eles poderiam observar a contextualização que foi apresentada e relacionar com as discussões levantadas durante a apresentação. Em seguida, seria pedido para que os alunos produzissem uma atividade escrita mostrando como ele compreendeu os conceitos ensinados na aula, e como ele compreendeu o desenvolvimento destes conceitos (Licencianda B).

Já a proposta da Licencianda C, propõe uma discussão da contextualização histórica pela professora, com realização de atividade extraclasse pelos estudantes em que estes devem pesquisar sobre o tema, assim: “Para completar todas as lacunas formadas por não ser possível tratar desse assunto em apenas uma aula, será pedido que os estudantes façam uma pesquisa sobre essa parte histórica, desde Dalton até o conceito de mol” (Licencianda C). Recomendar aos estudantes pesquisarem “desde Dalton até o conceito de mol” é uma tarefa que certamente não resultará em bons termos.

Constatamos que a dificuldade para desenvolver o plano de aula no viés da HC pode estar relacionado com o pouco conhecimento sobre o assunto, como apontado pelas respostas à questão 6 do pré-teste. Mesmo com a exposição oral, discussões em sala entre a pesquisadora e as alunas, oferecimento da apostila, ainda houve grande dificuldade para planejarem uma aula que contemplasse a HC para ensinar a grandeza Quantidade de Matéria.

Mesmo sabendo que os estudantes concluintes da graduação possuem maior conhecimento em Química, não percebemos que essa característica tenha possibilitado maior compreensão do tema.

Dos estudantes em início de curso, esperávamos uma melhora de resultados entre o pré-teste e o pós-teste, a qual realmente observamos, como apontado pelos resultados apresentados anteriormente. Em relação às alunas em fase de conclusão de curso, ansiávamos que os planos de aula fossem elaborados a partir de todo o aporte didático-pedagógico por elas adquirido durante a graduação juntamente com o conhecimento químico. Mas observamos que os planos de aula apresentados estavam mais simples do que esperávamos, mostrando assim, que o assunto ainda precisa passar por maiores discussões e aprofundamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em nossa pesquisa, nos propusemos a discutir quais as contribuições da HC para a ressignificação do conceito de Quantidade de Matéria e sua unidade, o mol. Para isto, tivemos que traçar o percurso que permeou a pesquisa desde a compreensão de como esse tema era tratado nos LD; como alguns docentes de universidades de Minas Gerais percebiam as dificuldades que os estudantes traziam consigo do Ensino Médio; o delineamento historiográfico do tema e por último, a proposta da intervenção didática.

Inicialmente, realizamos o tratamento histórico, a partir de uma delimitação de episódios históricos e seus partícipes, iniciando com a definição de átomo por John Dalton, e encerrando com a definição da constante de Avogadro por Jean Perrin em 1909. Essa delimitação foi necessária uma vez que não seria possível desenvolver toda a HC envolvida durante mais de um século, além de contemplar o contexto do conhecimento escolar. Para tanto, estudamos os principais cientistas que desenvolveram pesquisas relacionadas ao tema. Esse olhar nos permitiu delinear uma discussão que promoveu a HC de forma não linear, privilegiando a comunidade científica e suas contribuições para a delimitação do conceito de Quantidade de Matéria.

Ao realizarmos nossa pesquisa com professores das universidades de Minas Gerais, concluímos que a maioria dos estudantes chegam para cursar a disciplina de Química Básica com certa dificuldade de compreensão de conceitos da Química, como é o caso do conceito Quantidade de Matéria. Em relação aos professores que responderam ao nosso questionário, parece que as estratégias didáticas usadas em sala de aula, não diferem das já tratadas pela literatura. Isso nos mostra que buscar o desenvolvimento de pesquisas nessa área e a elaboração de estratégias didáticas pode contribuir com o fazer docente.

Outro fator que está diretamente relacionado ao conhecimento que o estudante têm do tema, se refere aos LD. Notamos que os LD que os estudantes do Ensino Médio têm acesso, não contribuem para que eles compreendam o conceito de Quantidade de Matéria, acarretando somente, uma memorização mecânica da constante de Avogadro, pouco contribuindo para que o aluno compreenda a construção do conhecimento científico.

Os LD ainda apresentam pouca discussão histórica sobre o assunto, dando ênfase a biografias, com datas de nascimento e morte e alguns fatos curiosos. Há pouca discussão que delineie o desenvolvimento histórico do tema, mostrando controvérsias, características sociais e políticas que também influenciaram no desenvolvimento da ciência. Sendo assim,

acreditamos que os LD poderiam trazer uma abordagem diferenciada da HC para o tema, com apoio da nova historiografia da ciência, para isso, seria interessante um trabalho em conjunto com historiadores da ciência.

De posse das informações - levantamento com os docentes; análise dos LD e realização da análise histórica do tema - criamos a intervenção didática para aplicarmos com estudantes em fase inicial e final do curso de Licenciatura em Química da UFJF. Pela análise dos resultados por nós coletados, foi possível inferir que as turmas em fase inicial da graduação apresentavam dificuldades conceituais em relação à Quantidade de Matéria e que ao passarem pelas atividades propostas houve uma melhora acentuada nas respostas apresentadas no pós-teste e na própria avaliação formal da disciplina.

Na turma em final de curso, em que propusemos uma estratégia didática que valorizasse os conhecimentos didáticos-pedagógicos já adquiridos durante a graduação, tivemos resultados um pouco inferiores aos alcançados pelos estudantes em fase inicial de curso. Como nossa proposta didática tinha como objetivo que os Licenciandos criassem um plano de aula para ensinar o mol destacando a HC, percebemos que houve grande dificuldade na criação de estratégias que fugissem àquelas já apresentadas pelos LD ou mesmo que se distanciassem da própria estratégia por nós aplicada nas aulas. Essa realidade reforça ainda mais a necessidade de fomentar discussões com professores que trabalham diretamente com o tema, de forma que possam desenvolver estratégias didáticas que realmente contribuam com o processo de ensino e aprendizagem.

Conquanto seguimos acreditando que a compreensão dos caminhos percorridos pelos estudiosos na elaboração de um conhecimento seja um poderoso auxiliar para o estudante apropriar-se de um saber de maneira mais expressiva. Consideramos, portanto, a necessidade de produções mais direcionadas e acessíveis em várias áreas das Ciências da Natureza. No Brasil, muitos historiadores da ciência estão fortemente empenhados em prover materiais e debates neste campo<sup>33</sup>.

Entendemos que, neste trabalho, buscamos discutir a realidade apresentada por nossos estudantes de graduação em Licenciatura em Química em relação a uma grandeza fundamental para a compreensão da Química. Assim, destacamos a necessidade de criar estratégias didáticas que contribuam para a aprendizagem dos estudantes, sendo necessário para isto, uma intervenção com os professores atuantes, de forma a fomentar discussões que problematizem e

---

<sup>33</sup> Como é o caso do Centro Simão Mathias de Estudos em História da Ciência (CESIMA).

busquem meios de colaborar com a aprendizagem, fato esse, que perpassa pelo modo como o docente ensina o conteúdo, sendo esse o principal foco dessas discussões.

Aliado a isto, há a necessidade do professor que ministra tal conteúdo manter-se atualizado com o conceito e o seu entorno, visto que, conforme desenvolvemos nesta pesquisa pelo menos três definições conceituais gravitaram o mol, a de Ostwald em 1900, seguida da definição de 1971 cujo padrão de massa atômica era o carbono e a mais recente, proposta em 2018, a qual desvincula a definição de mol da definição do quilograma.

Adicionalmente, gostaríamos de salientar que com o objetivo de estimular debates, propor pesquisas colaborativas e avivar essa discussão, desenvolvemos e aplicamos um curso de formação continuada para professores atuantes na Educação Básica, em âmbito nacional, durante o ano de 2018. Esse curso foi oferecido através da Plataforma Moodle, com carga horária de 40 horas distribuídas durante um mês e meio de atividades. Nosso curso recebeu aproximadamente 360 inscrições de professores de todos os estados brasileiros, além de uma grande demanda de Licenciandos em Química, aos quais lamentavelmente não pudemos atender de imediato. Com isso, percebemos que os professores atuantes também anseiam, assim como nós, por contribuir para a aprendizagem dos estudantes sobre o mol. Durante o desenvolvimento do curso, procuramos criar um espaço de diálogo e busca por proposições de estratégias didáticas alicerçadas na HC para estudarmos o conceito de Quantidade de Matéria. Acreditamos que propostas como esta podem fomentar um rico espaço de crescimento para docentes e para seus alunos que poderão ter acesso ao conteúdo de forma diferenciada.

Entretanto, não trouxemos a discussão desse curso para a tese, visto que alongaria em muito o debate que vai para além dos nossos objetivos, tais como: abordagem do percurso histórico do conceito, investigação dos LD, levantamento das estratégias e ações dos professores das universidades do estado de Minas Gerais, propostas das estratégias didáticas tanto para os estudantes em início de graduação, além do estímulo aos concludentes para a elaboração de estratégias de ensino tendo como foco a abordagem do mol sob o viés da História da Ciência.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, A. F. P.; VIEIRA, C. S. G.; SILVA, M. F. P. Estudo sobre “Quantidade de Substância” e Mole. **Química e Ensino**, 2003, p. 65-68.
- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 10, 2000, p. 1057-1095.
- ALLCHIN, D. How *not* to teach history in science. **The Pantaneto Forum** 7, 2002.
- ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, 2004, p. 179-195.
- ALLCHIN, D. Scientific myth-conceptions. **Science Education**, v. 87, 2003, p. 329-351.
- ANTLER, M., MARION, A. L. M., COSTA, D. R. M., NUNES, J. G., ZUCOLOTTI, A. M., GUERREIRO, L. M. S., PIZZATO, M. C. “**Conhecendo o Mol**”: uma proposta didática para o Ensino de Química. In: 33º EDEQ, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/epeq/article/view/2670/2248>. Acessado em: 12 jun 2015.
- ANTUNES, M. T. (Ed. Resp.). **Ser Protagonista - Química**. São Paulo: Edições SM, 2ª ed., 2013.
- ARROIO, A.; RODRIGUES FILHO, U. P.; SILVA, A. B. F. A formação do pós-graduando em química para a docência em nível superior. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1387-1392, 2006.
- 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, In.: **Journal de Physique**, n. 73, p. 58-76, 1811.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BAR-HAÏM, G. Problem-solvers and problem-identifiers: The making of research styles. **International Journal of Science Education**, v. 10, 1988, p. 135-150.
- BELTRAN, M. H. R. História da Ciência e Ensino: Algumas considerações sobre a Construção de Interfaces. In: WITTER, G. P.; FUJIWARA, R. (Org.). **Ensino de Ciências e Matemática**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2009, p. 179-208.
- BELTRAN, M. H. R. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, v. 1, n. 2, p. 67-77, 2013.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.
- BIEHL, J. V.; BAYER, A. A escolha do livro didático de matemática. In: 5º Encontro Gaúcho de Educação Matemática. **Anais...** Ijuí/RS, 2009.
- BIZZO, N. M. V. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? **Em**



Aberto, v. 11, n. 55, p. 29-35, 1992.

BIBLIOTHÈQUE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE. Manuscrito de Gay-Lussac. Disponível em: [http://numix.sabix.org/ice-manuscripts/ice\\_book\\_list.php?lang=fr&type=img&bdd=numix&table=gl\\_numix&typeofbookId=100&num=0](http://numix.sabix.org/ice-manuscripts/ice_book_list.php?lang=fr&type=img&bdd=numix&table=gl_numix&typeofbookId=100&num=0). Acessado em 09 de jan. de 2016.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 2000.

BRASIL. **Parecer CNE/CES 1.303/2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química.** Brasília: Ministério de Educação e do Desporto. Conselho Nacional de Educação /Câmara de Educação Superior, 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf> . Acesso em: 05 dez. 2015.

BRASIL. **Decreto-Lei 1.006:** Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1006-30-dezembro-1938-350741-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acessado em: 27.01.16.

BRASIL. **Guia do Livro Didático PNLD 2015:** Disponível em: <http://www.fnede.gov.br/programas/livro-didatico/guias-do-pnld/item/5940-guia-pnld-2015>. Acessado em: 27.01.16.

BRASIL. **Guia do Livro Didático PNLD 2018:** Disponível em: <http://www.fnede.gov.br/pnld-2018/>. Acessado em: 09.05.18.

BRASIL. **PCN + Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 2002.

BRASIL. **Orientações curriculares para o Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Lei Nº 9394, 20 dez.1996.

BURBULES, N.; LINN, M. C. Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? **International Journal of Science Education**, 1991, p. 227-241.

CAMEL, T. O. **A relevância das teorias da química orgânica na aceitação do conceito de molécula e de uma realidade atômica.** Tese de Doutorado, Rio de Janeiro, UFRJ, 2010.

CAMEL, T. O.; FILGUEIRAS, C. A. L. A importância da lei de Gay-Lussac para a classificação dos compostos orgânicos. **Quim. Nova**, v. 36, n. 5, 2013, p. 738-747.

CANNIZZARO, S. **Sketch of a course of chemical philosophy.** Chicago: The University of Chicago Press, 1858.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Regulamento do Programa de Demanda Social.** Portaria Nº 52, 26 setem., 2002.

CARVALHO, M. E. P. Escola como extensão da família ou família como extensão da escola?

O dever de casa e as relações família-escola. **Revista Brasileira de Educação**. 2004, p. 94-104.

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, 1992, p. 225-237.

CGPM. Comptes Rendus de la neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures (1948). **Résolution 6**, BIPM, 1949. Disponível em: <http://www.bipm.org/en/CGPM/db/9/6/> (1949). Acessado em: 10 jun. 2018.

CGPM. Comptes Rendus des séances de la quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1971). **Résolution 3**, BIPM, 1972. Disponível em: <http://www.bipm.org/en/CGPM/db/14/3/> (1972). Acessado em: 10 jun. 2018.

CHAGAS, A. P. Existem átomos? (Abordando Jean Perrin). **História da ciência e ensino: Construindo interfaces**, v. 3, 2011, p. 7-16.

CHAGAS, A. P. Os noventa anos de Les Atomes, **QNEsc**, n. 17, 2003, p. 36-38.

CHAMIZO, J. A. La cuarta revolución química (1945-1966). De las sustancias a las especies químicas. **Educación Química**, v. 28, 2017, p. 202-210.

CIARDI, M. Amedeo Avogadro - **Una politica per la scienza**, Carocci, Roma, 2006.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P. B. **Química**. São Paulo: Moderna, 1ª ed., 2016.

COELHO, C. K.G.; COIMBRA, D. C. S.; VALERIO, C. L. L.; VILELA, M. V. F. Percepções da relação professor/livro didático e as formas de utilização de seus recursos na Escola Estadual São Lourenço, Dom Aquino-MT. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.14, 2015, p.53-68.

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

DALTON, J. **On the constitution of mixed gases; on the force of steam or vapour from water and other liquids in different temperatures, both in Torricellian Vacuum and in air; on evaporation; and on the expansion of gases by heat**. 1805, p. 535-602. In.: *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*. V. 5, parte 2, Cadell and Davies, London, 1805.

DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**, Manchester, parte I, 1808.

DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**, Manchester, parte II, 1810.

DALTON, J. Observations on Dr. Bostock's review of the atomic princis of chemistry. **A Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts**, 1811, p. 143-151.

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

FENSTERMACHER, G. The knower and the known: the nature of knowledge in research on teaching. **Review of Research in Education**, v.20, p.3-56, 1994.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da Teoria Atômica de Dalton. **QNEsc**, n. 20, 2004, p. 38-44.

FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência Como Saber Escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009, 220 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. 4 ed, Brasília: Liber Livro Editora, 2012.

FRANCO-PATROCINIO, S. O.; FREITAS-REIS, I. Os livros didáticos de química indicados pelo PNLD 2015: A História da Ciência empregada na temática ‘Quantidade de Matéria’ e sua unidade, mol. **Holos**, v. 2, 2017, p. 375-395.

FRICKÉ, M. The Rejection of Avogadro’s hypothesis. In: HOWSON, C. **Method and Appraisal in the Physical Sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. p. 277-307.

FRISON, M.D; VIANNA J.; CHAVES, J.M.; BERNARDI, F. N. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de Ciências Naturais. VII Enpec – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...** 2009.

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

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, 2002, p. 229-242.

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

GARCIA, J.P.; PIZARRO, A.M.; PERERA, F. Ideas de los alumnos acerca del mol. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, p. 111-118, 1990.

GAY-LUSSAC, J. L. Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres. **Nouveau Bulletin des Sciences par la Société Philomathique de Paris**, p. 81-106, 1808.

GÉRARD, F. M.; ROEGIERS, X. **Concevoir et évaluer des manuels scolaires**. Bruxelas. De Boeck-Wesmail (tradução Portuguesa de Júlia Ferreira e de Helena Peralta, Porto, 1998.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, 1995, p. 57-63.

HARRISON, P. "Science" and "Religion": Constructing the Boundaries. **Journal of Religion**, n. 86, 2006, p. 81-106.

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

HIEBERT, E. N.; KÖRBER, H.G. Ostwald, Wilhelm. In: BENJAMIN, C. **Dictionary of Scientific Biography**. Tradução de Carlos Alberto Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, v. 3, 2007, p. 2074-2088.

HODSON, D. Philosophy of science and science education. In: MATTEWS, M. R (Org.). **History, Philosophy and Science Teaching: Selected Readings**. Toronto: OISE Press, 1991.

HOTTECKE, D.; SILVA, C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. **Science & Education**, v. 20, 2011, p. 293-316.

HISTÓRICO DO PNDL: Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico>. Acessado em: 27.01.16.

JENSEN, W. B. How and When Did Avogadro's Name Become Associated with Avogadro's Number? **Journal of Chemical Education**, 2007, p. 48-49.

JOHNSTONE, A. H. You Can't Get There from Here. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 1, 2009, p. 22-29.

KOLB, D. The mole. **Journal of Chemical Education**. v. 55, 1978, p. 728-732.

KOSMINSKY, L.; e GIORDAN, M. Visões de Ciências e sobre Cientista Entre Estudantes do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 15, p. 11-18, 2002.

LEITE, L. History of science in science education: development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. **Science & Education**, v. 11, n. 4, p. 333-359, 2002.

LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M. **Ser Protagonista - Química**. São Paulo: Edições SM, 3ª ed., 2016.

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

MARQUARDT, R.; MEIJA, J.; MESTER, Z.; TOWNS, M.; WEIR, R.; DAVIS, R.; STOHNER, J. A critical review of the proposed definitions of fundamental chemical quantities and their impact on chemical communities (IUPAC Technical Report). **Pure Appl. Chem.** v. 89, 2017, p. 951-981.

MARQUARDT, R.; MEIJA, J.; MESTER, Z.; TOWNS, M.; WEIR, R.; DAVIS, R.; STOHNER, J. Definition of the mole (IUPAC Recommendation 2017). **Pure Appl. Chem.** v. 90, 2018, p. 175-180.

MARTINS, A. F. História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho.

**Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, 2007, p. 112-131.

MARTINS, L. A. C. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 2, 2005, p. 305-317.

MARTINS, R. 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.

MARTINS, R. A. **História e História da Ciência: Encontros e Desencontros**. In: Actas do 1º Congresso Luso- Brasileiro de História da Ciência e da Técnica. Évora: Universidade de Évora, 2001, p. 11-45.

MARTINS, L. A.; BRITO, A. P. O. P. M. A História da Ciência e o ensino de genética e evolução no nível médio: um estudo de caso. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.245-264.

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

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

McCOMAS, W. **Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento**. In C.C. Silva; M. E. Prestes, (Orgs.). *Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*. São Carlos, SP: Tipografia Editora, 2013.

MIERZECKI, R. **The historical development of chemical concepts**. Varsóvia; Dordrecht: Polish Scientific Publishers; Kluwer Academic Publishers, 1991.

MILT, C. The Congress at Karlsruhe. **Journal of Chemical Education**, n. 28, 1951, p. 421-424.

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

MOHR, P. J.; NEWELL, D. B.; TAYLOR, B. N. CODATA recommended values of the fundamental physical constants: 2014. **Rev. Mod. Phys.** v.88, 2016. Disponível em: [https://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=920687](https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=920687). Acessado em 10 jun. 2018.

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

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. São Paulo: Scipione, 2ª ed., 2013.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. São Paulo: Scipione, 3ª ed., 2016.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações - concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, v. 2, 1995, p. 23-26.

NASH, L. K. The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory. **Isis**, v. 47, n. 2, 1956, p. 101-116.

NASH, L. K. The atomic molecular theory. In: CONANT J. B. (Ed.) **Harvard Case Histories in Experimental Science**. Cambridge: Harvard University Press, 1957.

NOVAIS, V. L. D.; TISSONI, M. **Vivá: química**. Curitiba: Positivo, 1ª ed., 2016.

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

OSTWALD, W. Elements and Compounds. In: **Faraday Lectures**. Journal of Chemical Society, Londres, 1904.

PARTINGTON, J. R. **A history of Chemistry**. London: MacMillan, v. 3, 1962.

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

PERRIN, J. Mouvement brownien et réalité moléculaire. **Annales de Chimie et Physique**, v. 18, 1909, p. 1-114.

PINTO, T. L. M. Filosofia, Cristianismo Ciência e Tecnologia Fundamentos Kantianos da Bioética e a Cosmóvisão Cristã. In: IV Congresso Internacional de Ética e Cidadania. **Anais...** São Paulo/SP, 2008.

PITANGA, A. F.; SANTOS, H. B.; GUEDES, J. T.; FERREIRA, W. M.; SANTOS, L. D. História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como Objeto de Investigação. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 11-17, 2014.

PRIMON; C. S. F.; ARROIO, A. O conhecimento pedagógico dos docentes de química do ensino superior. **Quim. Nova**, v. 39, n. 3, p. 376-382, 2016.

QUEIROZ, S. L. A linguagem escrita nos cursos de graduação em química. **Quim. Nova**, v. 24, 2001, p. 143-146.

REIS, M. **Química**. São Paulo: Editora Ática, 1ª ed., 2013.

REIS, M. **Química**. São Paulo: Editora Ática, 2ª ed., 2016.

RIVARD, L. P.; STRAW, S. B. The Effect of Talk and Writing on Learning Science, An Exploratory Study. **Science Education**, v. 84, 2000, p. 566-593.

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, 1988, p. 7-22.

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

ROCKE, A. J. In search of El Dorado: John Dalton and the origins of the atomic theory. **Social Research**, v. 72, p. 125-158, 2005.

ROGADO, J. Ensino e Aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol:

a importância da História da Ciência para sua compreensão. **Enseñanza de las ciencias**, 2005, p. 1-4.

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

ROGADO, J. **Quantidade de matéria e mol; concepções de ensino e aprendizagem**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, UNIMEP, 2000.

ROJO, R.; BATISTA, A.A.G. (Org.). **Livro didático de língua portuguesa, letramento e cultura escrita**. São Paulo: Mercado das Letras, 2003.

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

ROSCOE, H. E.; HARDEN, A. **A New view of the origin of Dalton's Atomic Theory**. London: MacMillan, 1896.

ROSS, S. 'Scientist': The Story of a World. **Annals of Science**, n. 18, 1962, p. 65-86.

SAITO, F. "Continuidade" e "descontinuidade": o processo da construção do conhecimento científico na história da ciência. **Revista da FAEEBA - Educação e Contemporaneidade**, v.22, n.39, 2013, p. 183-194.

SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. S. (Org.). **Química Cidadã**. São Paulo: AJS, 2ª ed., 2013.

SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. S. (Org.). **Química Cidadã**. São Paulo: AJS, 3ª ed., 2016.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 16, 2011, p. 59-77.

SELLES, E. S.; FERREIRA, M. S. Influências Histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

SILVA, C. F.; SOUSA, P. A. A.; OLIVEIRA, L. B. A quantidade de matéria (MOL): Uma questão além do conceito. In: 11º Simpósio Brasileiro de Educação Química. **Anais...** Teresina/PI, 2013.

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. Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0298-2.pdf>. Acesso em 09 jan 2016.

SILVA, M. A. A fetichização do livro didático no Brasil. **Educação e Realidade**. v. 37, n. 3, 2012, p. 803-821.

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 Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SOARES, M. B. Novas práticas de leitura e escrita: letramento na Cibercultura. **Educação e Sociedade**, v. 23. n. 81, p. 141-160, 2002.

TADDIA, M. E l'approssimazione divenne legge. Le combinazioni gassose di Gay-Lussac. **La Chimica e l'industria**, n. 6, 2007.

THUILLIER, G.; TULARD, J. **Le métier d'historien**. Paris: Presses Universitaires de France, 1991.

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

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. **Química Nova**, v. 20, n. 1, 1997, p. 103-117.

TOLVANEN, S.; JANSSON, J.; VESTERINEN, V.; AKSELA, M. How to use historical approach to teach nature of Science in chemistry education? **Science and Education**, v. 23, 2014, p. 1.605-1.636.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da Teoria Atômica de John Dalton. **QNEsc**, n. 7, 2007, p. 4-12.

VIDAL, P. H. O. **A História da Ciência nos Livros Didáticos de Química do PNLEM 2007**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Química, Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ZANON, D. A. V.; MACHADO, A. T. A visão do cotidiano de um cientista retratada por estudantes iniciantes de licenciatura em Química. **Revista Ciência e Cognição**. v.18, p. 46-56, 2013.



---

**APÊNDICE 1**

---

**AOS DOCENTES**

Prezado(a) Professor(a),

Em nosso Projeto de Doutorado em Química - Educação Química (História da Ciência) na UFJF, objetivamos abordar a construção do conceito de Quantidade de Matéria e sua unidade de medida Mol. Além dos interferentes históricos estamos levando em conta a dificuldade cognitiva que envolve tal conceito.

Ficariamos muitíssimo gratas com a sua impagável colaboração.

Att.,

Doutoranda - Sandra Franco-Patrocínio  
Orientadora - Ivoni de Freitas Reis

**QUESTIONÁRIO**

1. Em suas aulas, você trabalha com os conceitos relacionados a quantidade de matéria e mol? Em qual(is) disciplina(s)?  
( ) Não  
( ) Sim  
Qual (is): \_\_\_\_\_

2. Você julga importante trabalhar com a unidade de medida mol? Por que?

3. Com quais conceitos prévios deve o educando estar familiarizado antes de se introduzir a unidade de medida mol?

4. Quais são as principais dificuldades manifestadas pelos alunos ao estudarem a temática quantidade de matéria e sua unidade, o mol?

5. Os estudantes se mostram interessados quando estudam essa temática? Por que você acha que eles apresentam tal comportamento?

Não

Sim

6. Em sua prática docente, você encontra alguma dificuldade em trabalhar tais conceitos? Se sim, qual(is)?

Não

Sim

7. Você utiliza alguma atividade experimental para abordar a grandeza quantidade de matéria; constante de Avogadro? Se sim, qual(is)?

Não

Sim

8. Você poderia discorrer sobre a estratégia de ensino que utiliza, a qual resulta num bom aproveitamento por parte do educando:

---

**APÊNDICE 2**


---

**Docentes participantes da pesquisa**

<b>Professor</b>	<b>Formação</b>	<b>Disciplinas lecionadas à época da pesquisa (2015 - 2016)</b>
P1	Mestrado e Doutorado em Educação	Química Fundamental
P2	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Termodinâmica Química
P3	Mestrado e Doutorado em Química Analítica	Disciplinas avançadas de Química Analítica
P4	Mestrado e Doutorado em Química Orgânica	Química Orgânica Experimental
P5	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Química Geral, Instrumentação para o Ensino de Química e História da Química.
P6	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Não informado
P7	Mestrado e Doutorado em Química Analítica	Química Analítica
P8	Mestrado em Química e Doutorado em Química Analítica	Laboratório de Ciências e Laboratório de Química Fundamental
P9	Mestrado em Química e Doutorado em Química Inorgânica	Química Fundamental e Laboratório de Química
P10	Mestrado e Doutorado em Química	Disciplinas de Educação Química
P11	Mestrado e Doutorado em Química Orgânica	Química Geral

P12	Mestrado e Doutorado em Educação	Disciplinas de Educação em Química
P13	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Disciplinas avançadas de Físico-Química
P14	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Disciplinas de Físico-Química
P15	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Não informado
P16	Mestrado e Doutorado em Química Orgânica	Química Orgânica
P17	Mestrado e Doutorado em Educação	Não informado
P18	Mestrado e Doutorado em Química Analítica	Química de Soluções
P19	Mestrado e Doutorado em Química Analítica	Química Analítica Avançada e Química Analítica Ambiental
P20	Mestrado em Química e Doutorado em Química Analítica	Química Fundamental e Disciplinas avançadas de Química Analítica
P21	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Química Geral, Físico-Química, Laboratório de Química Geral e Laboratório de Físico-Química
P22	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Química Geral e Físico-Química
P23	Mestrado e Doutorado em Química Inorgânica	Química Fundamental e Laboratório de Química
P24	Mestrado e Doutorado em Química Inorgânica	Química Geral e Laboratório de Química Geral
P25	Mestrado e Doutorado em Físico-Química	Disciplinas avançadas de Físico-Química

**APÊNDICE 3**

---

**ESTUDANTE:** \_\_\_\_\_

1. Defina com suas palavras, o conceito de quantidade de matéria.

2. Qual a diferença, ou semelhança entre os termos?



3. Há alguns anos não se recomenda a utilização do termo “número de mols”, qual termo que o substitui?

4. Defina com suas palavras, o que é mol.

5. O que significa a Constante de Avogadro?

6. Você conhece algo sobre a história do conceito de quantidade de matéria, mol e Constante de Avogadro?

---

**APÊNDICE 4**

---

**Grupo:**

---

---

Depois de toda a discussão em sala de aula, você e seus colegas devem pesquisar um pouco mais sobre o contexto histórico que permeou a construção do conceito de quantidade de matéria e sua unidade, o mol. Pesquisem em periódicos e discutam entre si, sobre as questões apresentadas abaixo:

**Lembrem-se de trazer as respostas nesta folha na próxima aula.**

1. Por quê foi importante a junção dos trabalhos de Dalton e Gay-Lussac para chegar à Hipótese de Avogadro?
2. Na obra de Avogadro “Essay on a Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules”, de 1811, 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 a volumes iguais, ou é sempre proporcional aos volumes”* (AVOGADRO, 1811, p. 72). Atualmente, definimos a Quantidade de Matéria como uma das sete grandezas de base do SI, sendo o mol a sua unidade. O mol, é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilograma de carbono 12. As entidades elementares podem ser átomos, íons, elétrons, moléculas.

**Explique a relação entre a afirmação de Avogadro e a definição de mol que empregamos atualmente:**

---

## APÊNDICE 5

---

### Questão para a avaliação

Em 1913, o físico-químico Jean Baptiste Perrin (1870-1942) publicou a obra *Les Atomes*, em que tratou de diversos temas relacionados à teoria atômica, tendo ilustrado em uma tabela os resultados para a determinação de uma constante 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). Considerando as informações acima, comente a partir do contexto histórico sobre qual constante Perrin se debruçou nesse estudo e os motivos que o levou a estudá-la.

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

**APÊNDICE 6**

---

**ESTUDANTE:** \_\_\_\_\_

1. Defina com suas palavras, o conceito de quantidade de matéria.

2. Defina com suas palavras, o que é mol.

3. O que significa a Constante de Avogadro?

4. Em que ponto conhecer um pouco sobre a história do mol contribuiu ou não para a sua compreensão dos conceitos trabalhados?



## APÊNDICE 7



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA



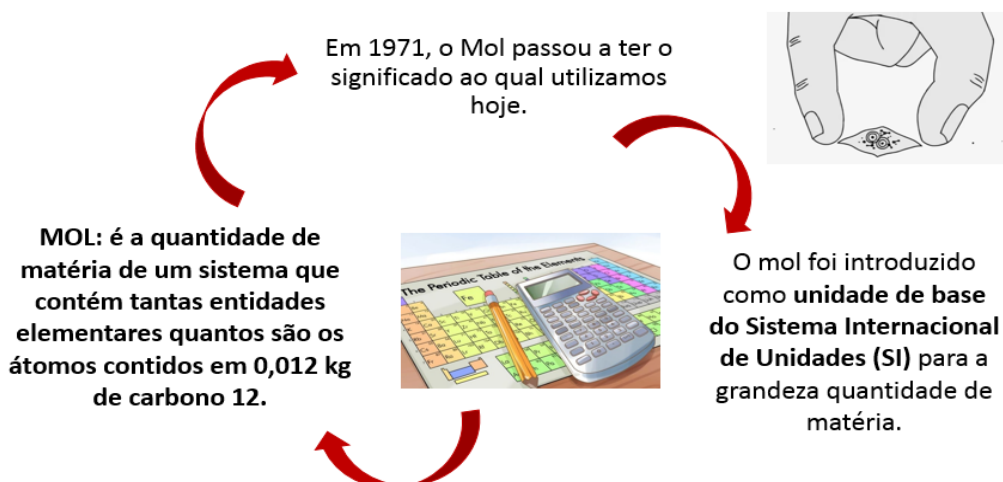
**Contextualização  
histórica do conceito de  
Quantidade de Matéria  
e sua unidade, o mol**



Msc. Sandra Franco Patrocínio  
Prof. Dra. Ivoni Freitas Reis

Juiz de Fora  
2017

## O que é mol?



## O ENSINO DO CONCEITO DE QUANTIDADE DE MATÉRIA E SUA UNIDADE - MOL

Ao fazermos uma revisão da literatura, percebemos que os conceitos relacionados ao mol, quantidade de matéria, constante de Avogadro, é inserida no ensino básico diretamente nas aplicações de fórmulas. Assim o educando não compreende como se deu a construção de tais conhecimentos (DIERKS, 1981; FRASER e CASE, 1999; GABEL e SHERWOOD, 1984). Característica esta, que 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 reprovação e evasão. Grande parte dos educandos permanece desinteressados pelas aulas, e alguns conceitos, como os citados acima, continuam sendo mal compreendidos.

Nesse sentido, a revisão de literatura nos mostra que há diversos trabalhos dedicados aos problemas envolvidos no processo de ensino-aprendizagem do conceito de quantidade de matéria e do mol. Lazonby et al. (1985) citam estudos publicados na França, Alemanha, Itália e Reino Unido que tratam da dificuldade dos educandos em compreender tais conceitos. No Brasil, alguns trabalhos convergem nessa problemática, como o desenvolvido por Lourenço e Marcondes (2003) em que foi verificado que os alunos das séries iniciais do Ensino Médio, em sua maioria, definem mol como unidade de massa e não de quantidade de matéria, sendo esta concepção comum também, entre estudantes universitários.

Furió et al. (1999), realizaram uma análise com docentes sobre os conceitos de

quantidade de matéria e mol e concluíram que os professores, geralmente, não utilizam em sua prática docente, o conceito de mol em seu caráter evolutivo, desde seu contexto original até seu significado atual. Esta característica também foi percebida nos livros didáticos destinadas ao ensino básico e ao ensino superior<sup>34</sup>, em que foi verificado que o mol é apresentado na maioria dos textos de química a partir de concepções equivocadas, atribuindo significados de massa química ou de entidades elementares. Em relação à constante de Avogadro, a situação não é diferente, “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). Rogado (2005, p. 3) ainda afirma que:

Há 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 ideia de uma “massa química” ou um "número de Avogadro" de entidades elementares.

O que se observa nas salas de aula, é que o educando compreende o mol como uma simples grandeza, 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, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações.

## **UM POUCO SOBRE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

---

É parte integrante da prática humana buscar o conhecimento sobre épocas passadas. Com a ciência não é diferente. Essa necessidade de conhecer como ela se desenvolveu, seus principais personagens e fenômenos gerou, mais tarde, uma linha de pesquisa delimitada, conhecida como História da Ciência (HC).

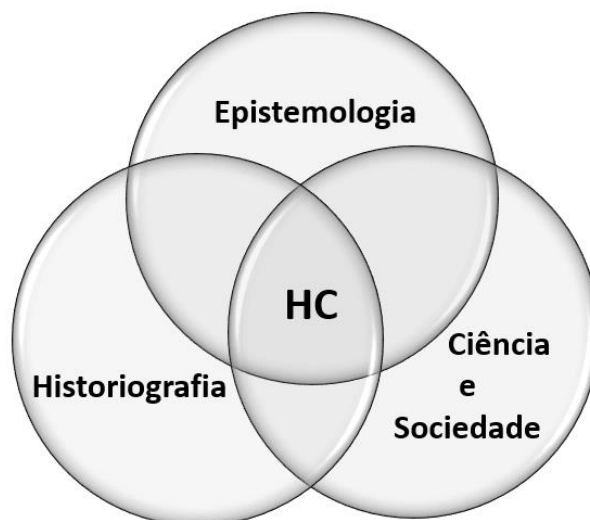
Beltran; Saito e Trindade (2014, p. 15) assim definem essa área de conhecimento: “História da Ciência é o estudo da(s) forma(s) de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas e culturas”. Os autores ainda afirmam, que a HC teria “a construção de seu objeto na interface entre a

---

<sup>34</sup> Foram analisados livros de Química Geral ou Química Fundamental.

epistemologia, a história e a sociologia” (p. 16), como ilustrado na figura 1:

FIGURA 1: Diagrama sobre as interfaces da História da Ciência.



FONTE: Adaptado de Beltran; Saito e Trindade, 2014.

Podemos afirmar que a História da Ciência tem objeto próprio, constituindo uma área específica de conhecimento, interdisciplinar. Uma área que, embora distinta da história, da sociologia, da ciência, da epistemologia e da filosofia da ciência, estabelece interfaces com estas e outras áreas (BELTRAN; SAITO e TRINDADE, 2014).

D’Ambrósio (2004) afirma que a HC tem como objetivos relacionados ao conhecimento científico: 1) A descrição do conhecimento científico de outros tempos e civilizações e 2) A compreensão da evolução do conhecimento humano, no qual a ciência se insere, assim como as artes, religiões, valores e comportamentos que se relacionam e influenciam mutuamente.

Martins (2004) descreve que há quatro níveis discursivos: a *história*, que pode-se considerar como existente “independentemente da existência dos historiadores” (p. 115), sendo construída a partir da atividade humana ao longo dos anos; a *historiografia*, que “é o produto primário da atividade dos historiadores” (p. 115); a *meta-historiografia* é “a reflexão sobre a atividade dos historiadores” (p. 116) e a *meta-historiografia da ciência*, que “trata-se de uma reflexão sobre as atividades dos historiadores da ciência” (p. 117). O autor caracteriza a história da ciência como um trabalho meta-científico, pois: “A esses estudos não interessa por desvendar os fenômenos da natureza ou refletir sobre eles e sim esclarecer alguns aspectos da atividade dos cientistas que estão envolvidos no estudo dos fenômenos naturais” (p. 117).

Martins (2005) enfatiza que a História da Ciência apresenta várias subáreas e vários

enfoques diferentes. Sendo uma delas, a abordagem conceitual (interna, internalista), em que a premissa está em discutir os fatos científicos (evidências, fatos da natureza científica) que estejam diretamente relacionados ao tema trabalhado. Já na abordagem não conceitual (externa, externalista) o foco está nos fatos extra científicos (influências sociais, políticas, econômicas, etc). Para que um trabalho em HC possa ser considerado completo, deveria contemplar ambas as abordagens.

## **A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO**

---

A discussão referente a importância, bem como as implicações de inserir a História da Ciência em 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; HODSON, 1991; MATTEWS, 1994, 1998; OKI (2006); 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 científicista; e finalmente 7), a história permite o conhecimento mais rico do método científico e mostra as fases de mudança das metodologias aceitas (MATTHEWS, 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 realizar um trabalho cognitivo e poderem superar seus obstáculos de aprendizagem (GAGLIARDI, 1998).

## **A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE QUÍMICA**

---

Ao fazermos uma leitura atenta das principais diretrizes para o Ensino Médio do nosso país, tais como: os Parâmetros Curriculares Nacionais (2000), PCN+ (2002), e Orientações Curriculares (2006), percebemos que é recorrente a sugestão para que o docente trabalhe com temas relacionados à História da Ciência. Nesses documentos, é enfatizado a importância de explicitar que o conhecimento é construído através do tempo e de caráter dinâmico, como podemos perceber:

Na interpretação do mundo através das ferramentas da Química, é essencial que se explicita seu caráter dinâmico. Assim, o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos (BRASIL, 2000, p. 31).

A sugestão de inserir a História da Ciência no ensino de Química não é comum somente no Ensino Básico, compreende também, o Parecer 1.303/2001 que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química em nível de graduação. Nesse documento, ao tratar das competências que o aluno de licenciatura deve possuir, é mencionado que o educando deve “ter uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza

epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção” (BRASIL, 2001, p. 6).

Compreendemos também que os professores, mesmo aqueles que tenham interesse de abordarem esse viés, não apresentam disponibilidade em carga horária para inserir a História da Ciência durante todo o ano letivo, além disso, encontram outros obstáculos, como uma formação inicial que não contempla discussões pertinentes à História da Ciência e suas fronteiras interdisciplinares relacionadas ao ensino, a escassez de materiais que lhes auxiliem no planejamento dessas aulas<sup>35</sup>, poucos cursos de formação continuada focados nesta área de abrangência didático-pedagógica.

## CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO 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. Nesta área, por exemplo, podemos destacar Alessandro Volta (1745-1827), Pierre-Simon Laplace (1749-1827) que fundou em 1807, juntamente com Claude-Louis Conde Berthollet (1748-1822) a *Société d' Arcueil*; numa clara tentativa de recriar o ambiente de estudos químicos por eles frequentado no “Arsenal” de Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) (CIARDI, 2006).

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. Dentre as principais proposições de Dalton estavam:

1. A existência de átomos, indivisíveis e imutáveis
2. Todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos
3. Compostos químicos são formados por combinações de átomos

Por exemplo:  $C + O \rightarrow CO$  o que Dalton chamava de “átomo composto” e hoje chamamos de moléculas.

Dalton preocupou-se em criar um sistema de símbolos que, além de representar os elementos, indicaria




---

<sup>35</sup> Como por exemplo os livros didáticos adotados pelo PNLD também não abordam a História da Ciência, de modo a valorizar a ciência como construção dinâmica, comunitária e social.

também seus pesos atômicos (ROSA, 2012). Como podemos ver na figura:

FIGURA: Símbolos criados por Dalton

<i>Elemento</i>	<i>Peso</i>	<i>Elemento</i>	<i>Peso</i>	<i>Elemento</i>	<i>Peso</i>
⊙	1	⊖	14.0	⊕	30.97
●	12.0	○	16.0	⊕	32.06
⊖	55.85	⊙	63.54	⊕	65.37
⊕	107.87	⊙	196.97	⊕	200.60

FONTE: DALTON, 1810.

Em contrapartida, na França, havia outro estudioso Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) que publicou em 1801 nos *Annales de Chimie* a memória “*Sur la dilatation des gaz et des vapeurs*”, sendo o primeiro trabalho realizado de maior significância, ao qual versava sobre a expansão térmica dos gases. Partindo de trabalhos anteriores publicados por Jacques Alexandre César Charles<sup>36</sup> (1746- 1823), Gay-Lussac mostrou que uma amostra de gás quando aquecida, mantendo-se a pressão constante, sofria um aumento de volume proporcional ao aumento da temperatura. Concluindo também, que partindo do mesmo volume inicial, o aumento de volume era igual para todos os gases, para o mesmo aumento de temperatura.



Gay-Lussac enunciou em 1808, a lei conhecida como lei das combinações volumétricas em que relacionava os volumes dos reagentes gasosos em uma reação química.

Gases [...] combinam-se entre si em proporções muito simples, e a contração de volume que eles experimentam durante a combinação também segue uma lei regular. Compostos de substâncias gasosas umas com as outras são sempre formados nas razões mais simples (nas proporções mais simples) e de forma que quando um dos termos é representado pela unidade, o outro é 1 ou 2 ou no máximo 3 (GAY LUSSAC, 1809 in PARTINGTON, 1962, p. 79).

<sup>36</sup> “A lei quantitativa da expansão térmica é conhecida como ‘Lei de Charles’, contudo Charles não determinou o coeficiente de expansão e apontou uma expansão desigual para os gases solúveis. A mesma pesquisa foi realizada por John Dalton (1766-1844), quase simultaneamente, porém seu trabalho [o de Dalton] foi considerado menos preciso” (CAMEL e FILGUEIRAS, 2013, p. 738).





Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856), tinha conhecimento das discussões que envolviam a química e a física. Em 1809, ele apresentou um livro de memórias na Academia de Ciências de Turim, em que discutia a corrente galvânica recém descoberta (JEFFE, 1976).

Avogadro 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. A hipótese de Gay-Lussac 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, p. 72)<sup>37</sup>.

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

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, p. 73).

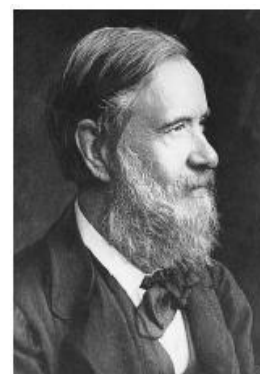
Suas hipóteses foram ignoradas ou rejeitadas pela maioria dos químicos até a década de 1860. Apesar da hipótese de Avogadro fornecer subsídios para a objeção de Dalton às ideias de Gay-Lussac, parecia absurdo pensar que as moléculas eram compostas por “duas moléculas elementares”, ou átomos; sobretudo quando pensava-se na teoria eletromagnética defendida por

<sup>37</sup> Mais tarde, em 1814, André Marie Ampère (1775-1836) trilhou por um caminho semelhante.

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).

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. 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).



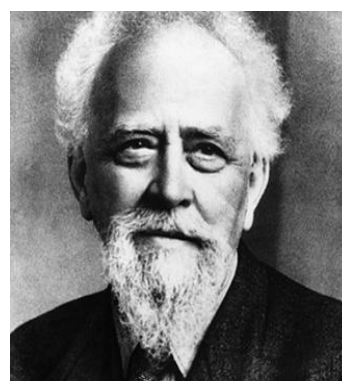
O conceito de mol, introduzido por Wilhelm Ostwald (1853-1932) em 1900, foi inicialmente associado à unidade individual de massa, devido ao seu ceticismo inicial em relação à teoria atômico-molecular. Ostwald definiu mol como o “peso normal ou molecular de uma substância expresso em gramas” (FURIÓ et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

Assim, definimos a **Quantidade de Matéria** - não se utiliza mais a expressão “Número

*de Mols*” - como uma das sete grandezas de base do SI, sendo o mol a sua unidade. O mol, é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilograma de carbono 12. As entidades elementares podem ser átomos, íons, elétrons, moléculas.

Em relação à hipótese de Avogadro, Joseph Loschmidt (1821-1895), Rudolf Clausius (1822-1888) e Johannes Diderick van der Waals (1837-1923)<sup>38</sup>, 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, p. 73).

Mais tarde, em 1913, Perrin publicou a obra *Les Atomes*, em que 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, o cientista recebeu o prêmio Nobel de Física (CHAGAS, 2003; JENSEN, 2007).

Sendo assim, a **Constante de Avogadro** - não se usa mais a expressão “Número de Avogadro” - é definida como uma constante de proporcionalidade que permite a passagem de quantidade de matéria para número de entidades:  $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

---

<sup>38</sup> Todos esses cientistas, obtiveram resultados diferentes, porém próximos, através de estudos envolvendo a teoria cinética dos gases.

## REFERÊNCIAS

---

- ALLCHIN, D. How *not* to teach history in science. **The Pantaneto Forum** 7, 2002.
- ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, 2004, p. 179-195.
- 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, In.: **Journal de Physique**, n. 73, p. 58-76, 1811.
- BELTRAN, M. H. R. História da Ciência e Ensino: Algumas considerações sobre a Construção de Interfaces. In: WITTER, G. P.; FUJIWARA, R. (Org.). **Ensino de Ciências e Matemática**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2009, p. 179-208.
- BELTRAN, M. H. R. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, 2013, p. 71-82.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para formação de professores**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 1 ed. 2014.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Portugal: Instituto Piaget, 1992.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 2000.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Parecer CNE/CES n. 1.303/2001**. Brasília: Ministério de Educação e do Desporto. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior, 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf> . Acesso em: 05 dez. 2015.
- BRASIL. **PCN + Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 2002.
- BRASIL. **Orientações curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 2006.
- 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, 1992, p. 225-237.
- CIARDI, M. Amedeo Avogadro - **Una politica per la scienza**, Carocci, Roma, 2006.
- D'AMBROSIO, U. Tendências historiográficas na história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo. (Org.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC/ Ed. Livraria da Física/Fapesp, 2004. p. 165-200.
- DALTON, J. **On the constitution of mixed gases; on the force of steam or vapour from water and other liquids in different temperatures, both in Torricellian Vacuum and in air; on evaporation; and on the expansion of gases by heat**. 1805, p. 535-602. In.: *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*. V. 5, parte 2, Cadell and Davies, London, 1805.
- DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**, Manchester, parte I, 1808.

DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**, Manchester, parte II, 1810.

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

FRASER, D. M.; CASE, J. M. An investigation into chemical engineering students' understanding of the mole and the use of concrete activities to promote conceptual change. **International Journal of Science Education**. v. 21, n. 12, 1999, p. 1237-1249.

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, 2002, p. 229-242.

GABEL, D.; SHERWOOD, R. D. Analyzing difficulties with mole-concept task by using familiar analog tasks. **Journal of research in Science Teaching**. v. 21, n. 8, 1984, p. 843-851.

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

HODSON, D. Philosophy of science and science education. In: MATTEWS, M. R (Org.). **History, Philosophy and Science Teaching: Selected Readings**. Toronto: OISE Press, 1991.

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

LAZONBY, J. N.; MORRIS, J. E.; WADDINGTON, D. J. The muddlesome mole. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 1, 1985, p. 60-61.

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

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

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

MARTINS, L. A. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, R. A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo. (Org.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC/ Ed. da Física/Fapesp, 2004. p. 115-145.

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.

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

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

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

PERRIN, J. *Mouvement brownien et réalité moléculaire*”. *Annales de Chimie et de Physique*, série 18, p. 1–114, 1909.

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, 1988, p. 7-22.

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

ROGADO, J. Ensino e Aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: a importância da História da Ciência para sua compreensão. **Enseñanza de las ciencias**, 2005, p. 1-4.

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

## ANEXO A



## Plano de Aula

<p><b>I. Dados de Identificação:</b>          Disciplina: Química          Professor: Licencianda A          Curso(s):</p>
<p><b>II. Tema:</b>          - Quantidade de matéria</p>
<p><b>III. Objetivos:</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Compreender a grandeza quantidade de matéria a partir de uma discussão sobre o desenvolvimento histórico deste conceito.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Discutir a unidade Mol para expressar a quantidade de matéria</li> <li>Identificar a relação entre quantidade de matéria e constante de Avogadro</li> </ul>
<p><b>IV. Conteúdo:</b> Quantidade de matéria; Mol; Constante de Avogadro.</p>
<p><b>V. Introdução e Desenvolvimento do tema:</b>          A aula será realizada no laboratório. A professora iniciará a aula fazendo uma introdução dialogando com os alunos:          “Os cientistas após concluírem pela existência dos átomos (modelos atômicos já estudados anteriormente) começaram a buscar maneiras de representar a matéria, constituída de átomos e moléculas, assim como formas de medir a quantidade de matéria. Um cientista chamado Avogadro propôs uma hipótese, a partir de alguns experimentos quando tentava em seu laboratório determinar a massa relativa dos átomos, de que volumes iguais de diferentes gases continham o mesmo número de entidades químicas. Avogadro não concluiu seus estudos até sua morte e só anos depois outros cientistas retomaram os estudos dele e puderam desenvolver uma forma de quantificar a matéria. Os cientistas então tinham um desafio: como contar o número de entidades químicas (átomos ou moléculas) em certa quantidade de matéria, sendo essas entidades tão pequenas? O que vocês acham? Vamos fazer algumas observações aqui no laboratório pra gente compreender como os cientistas contornaram esse problema. Tenho uma pergunta pra vocês: qual unidade de medida é utilizada para comercializar arroz?”          A professora conduzirá a discussão para que se conclua que medir o arroz por unidades de peso (quilo ou gramas) é uma boa opção, visto que contar as unidades de grãos de arroz, como fazemos com ovos ou laranjas, seria muito difícil porque são entidades muito pequenas.          Na sequência, a professora pedirá que cada grupo pese em um béquer 5 gramas de arroz e depois de pesado, conte quantos grãos de arroz existe nessa amostra. A professora fará no quadro uma tabela para anotar os valores que cada grupo obteve para o número de grãos de arroz em 5 gramas. A turma será levada a observar que para todos os grupos o número de grãos de arroz é aproximadamente o mesmo para as diferentes amostras contendo 5 gramas.</p>

A professora fará algumas observações explicando que as diferenças se devem, neste caso, pelo fato de que os grãos de arroz podem ter tamanhos diferentes e, conseqüentemente, massas unitárias razoavelmente diferentes, além do fato que dificilmente todos os grupos pesaram exatamente 5 gramas de arroz.

Considerando então estas observações, a turma tomará um valor médio como o número de grão de arroz contidos em 5 gramas. Então se concluirá que 5 gramas de arroz contem X grãos de arroz. A professora pedirá que os alunos deem um nome pra essa unidade que foi criado, por exemplo, "arrozmol". A professora perguntará aos alunos: se eu quiser 3 arrozmol, quanto de arroz tenho que pesar? E se eu pesar 20 gramas de arroz, quantos arrozmol eu terei? Vamos fazer essas contas.

Os cálculos serão realizados com os alunos para que fique claro como foi definida essa nova grandeza criada para medir arroz e sua respectiva unidade. Em seguida a professora fará a relação entre a forma como criamos a nova grandeza para quantidade de arroz com a forma como os cientistas abordaram para mensurar a quantidade de matéria. Nessa discussão a professora mostrará que assim como foi estabelecido uma unidade padrão para quantificar o arroz, como os átomos são entidades muito pequenas os cientistas também estabeleceram uma unidade padrão para a grandeza quantidade de matéria, o mol. O conceito de mol será apresentado, sendo a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades quantos átomos contidos em 0,012 quilogramas de carbono-12 e representado por n.

A professora discutirá: "Mas quantas entidades químicas existe em um mol? É preciso contar assim como nós fizemos com o arroz para estabelecer nossa unidade padrão. Os cientistas desenvolveram métodos para contar o número de entidades químicas contidas em 1 mol, chegando em um valor constante de  $6,022 \times 10^{23}$  entidades por mol. Essa constante foi chamada constante de Avogadro, representada por N, em homenagem ao cientista que iniciou os estudos para entendermos hoje o conceito de quantidade de matéria."

A professora fará alguns exercícios no quadro de conversão de quantidade de matéria em número de entidades químicas e vice e versa, usando a constante de Avogadro, assim como quantidade de matéria em uma massa de alguma substância (por exemplo, da água) para relacionar com a massa molar. A professora deixará uma lista de exercícios que deverá ser resolvida e entregue na próxima aula. As dúvidas serão tiradas com a correção da lista.

Observação: caso seja necessário este plano poderá ser desenvolvido em duas aulas.

**VI. Recursos didáticos:** quadro, giz, balança, béquer e arroz.

**VII. Avaliação:** Será avaliada a participação dos alunos na discussão proposta na aula e a resolução da lista de exercícios.

**VIII. Bibliografia:** SANTOS, W. L. P. e MÓL, G. S. Química cidadã – PEQUIS (volume 2), AJS, 2013.



## ANEXO B



## Plano de Aula

<b>I. Plano de aula: 1</b>
<b>II. Dados de Identificação:</b> Disciplina: Química Professor: Licencianda B Curso: Química
<b>III. Tema:</b> Contextualização histórica do conceito de quantidade de matéria
<b>IV. Objetivos:</b>  <b>Objetivo geral:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar o desenvolvimento do conceito de quantidade de matéria e o que é a constante de Avogadro.</li> </ul> <b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Através da história da ciência, apresentar o desenvolvimento do conceito de quantidade de matéria.</li> <li>• Apresentar o que é a constante de Avogadro e como ela foi definida.</li> <li>• Mostrar as pesquisas que estavam sendo desenvolvidas na época em que o conceito de quantidade de matéria foi desenvolvido.</li> <li>• Motivar a participação ativa dos alunos.</li> </ul>
<b>V. Conteúdo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantidade de matéria – o mol.</li> <li>• Constante de Avogadro.</li> </ul>
<b>VI. Introdução e Desenvolvimento do tema:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Um primeiro momento será destinado à organização da turma, de forma em que os alunos se organizem a disposição das suas carteiras formando um grande U na sala.</li> <li>• Em seguida, o professor começará a conversar com os alunos sobre como eles acham que um conceito da ciência é desenvolvido/descoberto. Será que simplesmente a ideia surge na cabeça do cientista? O cientista trabalha sozinho? O desenvolvimento de um conceito deve demorar quanto tempo para se firmar? Assim, será iniciada uma discussão com os alunos sobre o desenvolvimento de conceitos da ciência.</li> <li>• Depois de iniciada essa discussão, através da utilização de slides, onde irá explorar os recursos oferecidos pelo computador para apresentar imagens que ajudem à compreensão dos alunos, o professor irá começar a fazer uma contextualização histórica do conceito de quantidade de matéria.</li> <li>• Assim, através da apresentação, o professor irá fazendo alguns apontamentos à cerca da contextualização apresentada. Como a forma que Dalton criou um sistema de</li> </ul>

símbolos para representar os elementos; como o estudo de Dalton de relacionava com o estudo de Gay-Lussac; quem foi Avogadro; por que o apontamento de Avogadro não foi aceito na época; quem foi Cannizzaro; como se chegou ao conceito de mol e à constante de Avogadro, entre outros apontamentos. Além, de durante a apresentação, o professor se movimentar a motivar os alunos a questionarem e fazerem os apontamentos que eles acharem interessante durante a apresentação.

- Após à apresentação, o professor disponibilizaria para os alunos uma apostila onde eles poderiam observar a contextualização que foi apresentada e relacionar com as discussões levantadas durante a apresentação.
- Em seguida, seria pedido para que os alunos produzissem uma atividade escrita mostrando como ele compreendeu os conceitos ensinados na aula, e como ele compreendeu o desenvolvimento destes conceitos. Ou seja, como compreendeu a Contextualização histórica do conceito de quantidade de matéria, retomando às questões que foram colocadas no início da aula.

**VII. Recursos didáticos:** Quadro, giz, data show, computador, apresentação em slides preparada; cópia da apostila para cada aluno.

**VIII. Avaliação:**

- Participação nas discussões da aula.
- Produção da atividade proposta em sala.

**XIX. Bibliografia:**

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

SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. de S.; DIB, S. M. F.; MATSUNAGA, R. T.; SANTOS, S. M. de O.; CASTRO, E. N. F. de; SILVA, G. de S.; FARIAS, S. B. **Química cidadã: volume 2: ensino médio: 2ª série**. 2ª ed. São Paulo: Editora AJS, 2003

Apostila: Contextualização histórica do conceito de Quantidade de Matéria e sua unidade, o mol. Autoras: Msc. Sandra Franco Patrocínio; Prof. Dra. Ivoni Freitas Reis

## ANEXO C



## Plano de Aula

<b>I. Plano de Aula:</b>
<b>II. Dados de Identificação:</b> Disciplina: Química Professor: Licencianda C Curso(s): 1º ano EM
<b>III. Tema:</b> - Mol - Unidade de grandeza relacionada a quantidade de matéria
<b>IV. Objetivos:</b> <b>Objetivo geral:</b> - Entender a unidade de grandeza 'mol'  <b>Objetivos específicos:</b> - Descrever o processo de descoberta da constituição da matéria - Contar sobre a descoberta das moléculas como união de átomos - Indicar a descobertas das massas atômicas como ponto inicial da unidade de grandeza 'mol' - Definir 'mol'
<b>V. Conteúdo:</b> - A constituição da matéria - Modelo atômico de Dalton - Lei das combinações volumétricas - Mol
<b>VI. Desenvolvimento do tema:</b> Em um primeiro momento, os estudantes serão questionados sobre a composição da matéria, do que eles acham que as coisas são constituídas. Essa breve pergunta será para introduzir os estudos e postulados de Dalton, um defensor da atomística. Os estudantes também serão situados em relação a época na qual Dalton vivia, para que possam entender que, do momento em que o atomismo começou a ser investigado até o ponto em que Dalton conseguiu apresentar algumas características do átomo, se passaram décadas. Com a ideia do átomo na constituição da matéria, será necessária uma breve explicação sobre a lei das combinações volumétricas enunciada por Gay-Lussac, para introduzir os estudos feitos por Avogadro. É importante tratar dessa linha do tempo para que os estudantes vejam como uma descoberta não se dá de uma hora para outra, mas sim através de muitos estudos que vão levando a outro ponto. Assim, será possível partir, então, para a definição de mol, explicando que nem sempre essa definição foi a mesma, mas que hoje, consideramos mol como quantidade de matéria. Para completar todas as lacunas formadas por não ser possível tratar desse assunto em apenas uma aula, será pedido que os estudantes façam uma pesquisa sobre essa parte histórica, desde Dalton até o conceito de mol.

<b>VII. Recursos didáticos:</b> quadro, giz, data show
<b>VIII. Avaliação:</b> respostas as perguntas e pesquisa sobre o tema com toda a parte histórica.
<b>XIX. Bibliografia:</b> Básica: Química, 1º ano: ensino médio / organizador Julio Cezar Foschini Lisboa. – 1. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010. – (Coleção ser protagonista)  Complementar: Apostila Professora Sandra Franco