

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MARCOS ANTÔNIO GATTO

**O MODELO ATÔMICO DE DALTON: UMA PROPOSTA DE
SITUAÇÃO DE ESTUDO ARTICULANDO HISTÓRIA DA CIÊNCIA E
ENSINO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APUCARANA

2017

MARCOS ANTÔNIO GATTO

**O MODELO ATÔMICO DE DALTON: UMA PROPOSTA DE
SITUAÇÃO DE ESTUDO ARTICULANDO HISTÓRIA DA CIÊNCIA E
ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Química, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana, como requisito parcial para obtenção do título de licenciado.

Orientador: Prof. Dr. José Bento Suart Júnior

APUCARANA

2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Bento Suart Júnior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Apucarana
Orientador

Prof. Dra. Angélica Cristina Rivelini
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Apucarana
Membro

Prof. Dra. Alessandra Machado Baron
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Apucarana
Membro

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida e me capacitado durante todos os anos deste curso, principalmente para a produção deste trabalho. Por ter avivado a minha fé, me dando forças para continuar o sonho de tornar-se licenciando em Química frente aos obstáculos da vida, pois sem a minha fé eu não sou nada. Obrigado Senhor!

Obrigado por todo o apoio oferecido pela minha família, primeiramente a minha mãe que sempre me apoiou e me incentivou a estudar, mesmo com as dificuldades da vida, me mostrou que o estudo é uma porta para alcançar qualquer objetivo, além de ser um grande exemplo de pessoa pra mim. Mãe te amo!

A minha avó materna “Vó Carmem” *em memória*, por ter me criado e me ensinado com todo amor de avó, por toda ajuda em minha criação. Também quero agradecer *em memória* pelos meus avós Floripes e Antônio que me mostraram o valor da família, do companheirismo e de ajudar o próximo. Que saudade do pão da vovó, seu bolo de fubá, carne de porco com mandioca, mais o que mais acho falta era poder conversar horas e horas com vocês. Como tenho saudade de vocês, sei que estarão comigo em meu coração, e se me tornei a pessoa que sou é um espelho da minha criação.

Ao meu pai, *em memória*, que me ensinou que sempre devemos perdoar as pessoas por erros do passado, e aproveitar o presente, pois não sabemos o dia de amanhã. Mesmo o senhor não estando por perto, estará comigo em meu coração!

Ao meu irmão Paulo e sua família por toda ajuda possível nestes anos de faculdade, a todos os familiares da família Gatto, aos meus tios João e Marilene Ferracioli, Zé Luis e Judite Gatto, meus primos Hellen, João Paulo, Leandro, Juliana, Bruna por todo incentivo.

Aos meus amigos Vinicius Martins e Anderson Vargas por toda ajuda e parceria.

Ao meu Orientador José Bento Suart Júnior e ao professor Enio de Lorena Stanzani por toda ajuda, aprendizado e incentivo neste trabalho, quero agradecer a vocês por toda paciência e dedicação, foi uma grande honra trabalhar com vocês.

A todos os professores da UTFPR Apucarana que durante todos os anos deste curso contribuíram para a minha formação.

Por fim, pela pessoa mais especial que conheci, a minha namorada Jéssica por ter me apoiado e incentivado durante esses anos, não chegaria aqui sem você, realmente aconteceu uma química na sala, e agora se Deus quiser essa química vai ser para vida! Te amo!

RESUMO

GATTO, Marcos Antônio. O modelo atômico de Dalton: uma proposta de Situação de Estudo articulando História da Ciência e ensino. 2017. p. 146. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2017.

A teoria atômica de Dalton engloba um conjunto de conceitos de grande importância para o ensino de Química, pois apresenta aos alunos as ideias iniciais sobre o atomismo. Infelizmente pesquisas evidenciam que o conceito de átomo é distante da realidade do aluno, e para que a compreensão dos conceitos envolvidos se torne possível, é preciso mobilizar a criação de modelos, os quais se tornam ferramentas fundamentais utilizadas para compreender o mundo, cujo acesso real é muito abstrato. Em contrapartida, o ensino é dificultado pela escassez de materiais de apoio disponível e pelo número restrito de pesquisas referentes ao ensino do modelo atômico de Dalton na Educação Básica. Nesse sentido, tendo em vista a relevância da utilização da História da Ciência e de novos métodos e abordagens de ensino, pautados na problematização dos conceitos e na relação deste com situações vivenciadas pelos alunos, este trabalho propõe a elaboração de uma Sequência Didática utilizando a dinâmica pedagógica intitulada Situação de Estudo, articulada a uma abordagem histórica dos conceitos em foco. Esta proposta visa contribuir no desenvolvimento de práticas educacionais inovadoras, disponibilizando um material de apoio aos professores do Ensino Médio, fundamentado nos resultados de pesquisas da área de Ensino de Química, a fim de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais próximo e significativo para o estudante.

Palavras-chave: Modelo atômico de Dalton, Situação de Estudo, História da Ciência, Ensino de Química, Sequência Didática.

ABSTRACT

GATTO, Marcos Antônio. The Dalton Atomic Model: a situation proposal of study articulating history of science and teaching. 2017. p. 146. Completion of course work – course superior Degree in Chemistry, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2017.

The atomic theory of Dalton includes a set of concepts of great importance for the teaching of Chemistry, because it presents students the Initial ideas about atomism. Unfortunately research evidence that the concept of atom is far from reality of the student, and so that the understanding of the concepts involved becomes possible, is need mobilize the creation of models, which became fundamental tools used to understand the world, whose real access is very abstract. In contrast, the education is hampered by the scarcity of available support materials and the limited number of researches related to the teaching of Dalton's atomic model in Basic Education. In this sense, taking into account the relevance of the use of the History of Science and new methods and teaching approaches, based on the problematization of the concepts and in the relation of this with situations experienced by students, this work proposes the development of a Didactic Sequence using the pedagogical dynamics entitled Situation of Study, articulated to a historical approach of the concepts in focus. This proposal aims to contribute to the development of innovative educational practices, providing support material for teachers of high school, based on the results of research in the area of Chemistry Teaching, in order to make the teaching and learning process closer and meaningful for the student.

Key words: The Dalton Atomic Model, Study Situation, History of Science, Chemistry Teaching, Following teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Assuntos abordados nos artigos pesquisados.....	17
Figura 2: Mapa conceitual.	49
Figura 3: Dalton coletando Gás no pântano.	51
Figura 4: Estrutura dos corpúsculos de ouro e prata segundo a concepção de Newton.	55
Figura 5: Representação de Dalton para a constituição atômica da atmosfera terrestre.....	57
Figura 6: Aparelhagem utilizada por Henry para medir a solubilidade dos gases em água.....	59
Figura 7: Representação simbólica de Dalton.	63
Figura 8: Representação dos átomos compostos de água e outras partículas.....	66
Figura 9: Esquemas representativos das “atmosfera” de calórico.	68
Figura 10: Esquemas representativos da repulsão entre as atmosferas de calor	69
Figura 11: Diagrama representando os átomos de diferentes elementos e compostos.....	71
Figura 12: Solução de água e indicador verde de bromocresol.....	83
Figura 13: Adição de bicarbonato no frasco contendo vinagre.....	84
Figura 14: Aumento da solubilidade do CO ₂ em água.....	85
Figura 15: Dióxido de carbono solubilizado em água.....	86
Figura 16: Influência da pressão e temperatura na solubilidade do dióxido de carbono.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlação entre classificação WEBQualis com número de revistas pesquisadas... 16

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Artigos referentes a Dalton	21
Quadro 2: Pesos relativos de gases e outros corpos	61
Quadro 3: Valores contidos na tabela de massas atômicas relativas de Dalton.	62
Quadro 4: Densidades relativas dos gases.....	67
Quadro 5: Composição do ar atmosférico segundo Dalton.....	67
Quadro 6: Legenda para a Figura 11.	71
Quadro 7: Sequência didática.....	79

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
HC	História da Ciência
HFC	História e Filosofia da Ciência
LD	Livro Didático
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
SD	Sequência Didática
SE	Situação de Estudo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 O CONTEXTO DA PESQUISA.....	16
2.1 ESTRATÉGIAS E RECURSO PARA O ENSINO: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ...	20
3 OBJETIVOS	26
3.1. OBJETIVO GERAL	26
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4 METODOLOGIA.....	27
4.1 HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA.....	27
4.2 SITUAÇÃO DE ESTUDO	31
5 O DESENVOLVIMENTO DO MODELO ATÔMICO DE DALTON ATRAVÉS DE UM ESTUDO HISTORIOGRÁFICO	35
5.1 OS ANTECEDENTES ÀS PROPOSIÇÕES DE JOHN DALTON	35
5.2 JOHN DALTON E A PROPOSIÇÃO DO MODELO ATÔMICO CORPUSCULAR.....	50
6 UMA PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE ESTUDO PARA O MODELO ATÔMICO DE DALTON ARTICULANDO HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO.....	76
6.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	77
6.1.1 Problematização.....	80
6.1.2 Primeira Elaboração.....	81
6.1.3 Função da Elaboração e Compreensão Conceitual.....	83
7 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES.....	90
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICES.....	101

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Química desenvolvido na maior parte das escolas públicas do Brasil não tem obtido êxito. Segundo especialistas, esse resultado pode ser atribuído ao perfil adotado no desenvolvimento de aulas, apresentando informações descontextualizadas, o que impossibilita atitudes e análises críticas. Desta forma, o método de ensino “tradicional” não se adequa às necessidades da sociedade atual e, por conseguinte, não atinge o objetivo central do ensino de Ciências na Educação Básica, o de formar um cidadão crítico e atuante na sociedade (RIBEIRO; MESQUITA, 2012).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002) apontam que os conteúdos a serem trabalhados no ensino de Química não se resumem apenas à transmissão de informação, uma vez que, Segundo Nunes e Adorni (2010), devem possibilitar a relação com o cotidiano do aluno, seus objetivos e sua rotina. Ainda de acordo com os autores, ao analisarem o ensino de Química na Educação Básica, estes afirmam que os estudantes vêm demonstrando dificuldades de aprendizagem:

Entretanto, quando analisamos a trajetória do ensino de química verificamos que, ao longo dos tempos, muitos alunos vêm demonstrando dificuldades em aprender. Na maioria das vezes, não percebem o significado ou a validade do que estudam. Usualmente os conteúdos parecem ser trabalhados de forma descontextualizada, tornando-se distantes, assépticos e difíceis, não despertando o interesse e a motivação dos alunos. Alguns professores de Química, talvez pela falta de formação específica na área, demonstram dificuldades em relacionar os conteúdos científicos com eventos da vida cotidiana. Suas práticas, na maioria das vezes, priorizam a reprodução do conhecimento, ou seja, a cópia e a memorização, acentuando a dicotomia teoria-prática presente no ensino (NUNES; ADORNI, 2010, p. 2).

Nessa perspectiva, Ribeiro e Mesquita (2012) ressaltam que a importância do ensino de Química está relacionada a sua presença no cotidiano, e por, juntamente com outras tecnologias e demais ciências, oferecer o suporte necessário para o desenvolvimento tecnológico e científico da sociedade. No entanto, segundo os autores, o ensino de Química vem enfrentando sérios problemas, sendo ocasionado por um ensino com conteúdos fragmentados, que não proporciona o desenvolvimento, acarretando baixos rendimentos e desinteresse dos alunos.

Chassot (2004), em sua obra, afirma que:

É essa química fragmentada, não ligada com as demais ciências, que ensinamos de uma maneira asséptica, abstrata, ahistórica e dogmática que não atrai os alunos, pois a ciência que eles consomem e que responde às suas necessidades e lhes traz satisfações é, talvez, a mesma ciência que lhes pretendemos ensinar; só que eles a querem encarnada diferentemente e com outra roupagem (CHASSOT, 2004, p. 125-126).

É indispensável, portanto, que o professor de Química leve em consideração o contexto que os alunos estão inseridos. De forma, que a realidade dos estudantes seja contemplada nas aulas de Química, possibilitando ao aluno aprender e a fazer diferentes figuras da realidade e assim tornando-o protagonista de sua aprendizagem (RIBEIRO; MESQUITA, 2012).

Nesse contexto, diversos pesquisadores do Ensino de Química desenvolveram investigações com o objetivo de evidenciar as principais dificuldades de estudantes e professores no desenvolvimento de processos de ensino de aprendizagem de conteúdos químicos na Educação Básica (SANTOS et al., 2013; MELO; LIMA-NETO, 2013; QUADROS et al., 2011). Dentre essas pesquisas, destaca-se o estudo de França, Marcondes e Carmo (2009), na qual os autores discutem sobre a dificuldade de compreensão dos estudantes frente ao conteúdo de Estrutura Atômica, enfatizada, principalmente, pelo grau de abstração exigido no entendimento dos conceitos envolvidos.

Segundo Mortimer (1995) os alunos do Ensino Médio quando iniciam as aulas de Química trazem ideias bem diferentes sobre a natureza atômica em relação àquelas aceitas cientificamente. Os estudantes não são capazes de fazer relações entre os modelos atomistas e o comportamento dos materiais nas inúmeras transformações.

Romanelli (1996), ao investigar as ideias dos alunos sobre a matéria e suas relações com o átomo, aponta:

Percebemos que os alunos incorporaram a forma dos átomos como unidades isoladas que se somam de maneira vaga para constituir a matéria. Na tentativa de abordar o átomo através da matéria, estabeleceram um divórcio entre o nível macroscópico, sensorial, e o explicativo, o ideacional, inconsistência compatível com o modo como o ensino foi organizado e desenvolvido (ROMANELLI, 1996, p. 30).

Essas pesquisas evidenciam, portanto, que o conceito de átomo é distante da realidade do aluno, e para que a compreensão dos conceitos envolvidos se torne possível, é preciso mobilizar a criação de modelos, os quais tornam-se ferramentas fundamentais utilizadas para compreender o mundo, cujo acesso real é muito abstrato (FRANÇA;

MARCONDES; CARMO, 2009).

Romanelli (1996) relata ainda, que o conceito de átomo no ambiente escolar abrange um processo de ensino e aprendizagem que envolve noções abstratas em relação à concepção de modelos, símbolos e palavras. Assim, sua aceitação conceitual exige características um tanto complexas, tendo em vista que esse conceito é um modelo científico e, deste modo, possui várias transições em que uma hipótese contribui na interpretação da constituição e das propriedades da matéria.

Corroborando com as ideias anteriores, França, Marcondes e Carmo (2009) destacam que o conhecimento é uma junção social e histórica, na qual os modelos atômicos foram sendo modificados a partir de formulações teóricas. Porém, nas salas de aula, os conceitos e modelos são apresentados aos alunos como verdade absolutas, e incontestáveis, não contemplando a evolução histórica e a superação de dificuldades enfrentadas ao longo do desenvolvimento da teoria científica.

Na Educação Básica o estudo de modelos atômicos começa, em geral, pelo modelo de Dalton, introduzindo a ideia de que a matéria seja constituída por átomos indivisíveis e indestrutíveis. Segundo Samrsla, Eichler e Del Pino (2007, p. 30) “a partir da introdução desse modelo, átomos podem ser representados por esferas, e as reações químicas passam a ser representadas por equações com o uso de símbolos e fórmulas”.

Apesar das dificuldades encontradas no ensino de atomismo, o modelo atômico de Dalton é um conceito de grande importância para o ensino de Química, pois apresenta aos alunos as ideias iniciais sobre atomismo e, como destaca Filgueiras (2004) é um dos marcos primordiais presentes na história da Química.

A teoria atômica de Dalton é um dos marcos fundamentais da Química do século XIX. Ao contrário das cogitações abstratas de tantas outras teorias sobre a constituição da matéria, a sua se originou de uma combinação de intuição teórica e observações de laboratório, sendo respaldada diretamente por seus estudos sobre os gases. A obtenção de resultados confiáveis nas determinações de pesos atômicos levou muitas décadas. Com pesos atômicos confiáveis e o esclarecimento definitivo da diferença entre átomos e moléculas, a teoria passou a ter aceitação universal e tornou-se um dos alicerces da Química (FILGUEIRAS, 2004, p. 44).

Nesse sentido, compreender os conceitos relacionados ao modelo atômico de Dalton é essencialmente importante para os estudantes, pois, além de ser um dos alicerces da Química, seus conceitos influenciaram outros modelos que surgiram no estudo de átomo, além de ter contribuído historicamente para o desenvolvimento da Química atual.

Um estudo realizado por França, Marcondes e Carmo (2009) revela algumas ideias

que os alunos do Ensino Médio têm em relação ao modelo de Dalton:

Semelhanças ao modelo de Dalton seriam as representações de uma esfera, com ou sem preenchimento por meio de hachuras ou por meio de uma figura de forma compacta (esfera sólida); e esferas sem identificação de pontinhos, pinguinhos, as quais poderiam levar à ideia da existência de partículas subatômicas. Também foram consideradas como modelo de Dalton as indicações nas quais os alunos simplesmente se limitaram a responder por meio da escrita que o átomo é pequeno e indivisível (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009, p. 277).

É evidente que as concepções que os alunos têm sobre o modelo atômico de Dalton se limitam apenas à ideia de que o mesmo é pequeno e indivisível, de forma que as demais contribuições para a história e a Ciência não são consideradas ou reconhecidas por parte dos alunos.

Os problemas e dificuldades destacados pelas investigações, referentes ao ensino e a aprendizagem do conteúdo de Modelos Atômicos e, mais especificamente, ao Modelo Atômico de Dalton, devem-se, em partes, à falta de material de apoio adequado disponível aos professores da Educação Básica.

Os materiais didáticos disponibilizados acabam influenciando a visão dos alunos, uma vez que, referem-se o modelo atômico de Dalton utilizam a analogia da bola de bilhar, maciça e indivisível. Segundo Miranda et al., (2014), esse tipo de abordagem acontece, pois, os livros didáticos se tornaram fontes diluídas de conhecimento por haver vários interesses envolvidos na sua produção.

Os livros didáticos são produtos culturais, resultantes de interações mediadas por questões econômicas, sociais e culturais havendo diversos interesses envolvidos em sua confecção e vendagem que influenciam o modo como as informações são disponibilizadas nesses livros. Frequentemente, os livros didáticos se tornam fontes diluídas de conhecimento, em que as informações e o conhecimento científico são tão simplificados para torná-los acessíveis à compreensão do aluno, que chegam a ter comprometido seu significado, o que ocorre principalmente na abordagem das Ciências Naturais. Nenhum livro é neutro em relação à imagem de Ciência que apresenta, pois eles são elaborados por indivíduos que possuem visões particulares tanto sobre Ciência como sobre o que deve ser ensinado. Assim, os livros didáticos carregam marcas implícitas de visões pessoais dos autores, as quais influenciam os estudantes na elaboração de sua visão de Ciência (MIRANDA; PEREIRA; MATIELLO; REZENDE, 2014, p. 197).

Buscando, portanto, suprir algumas das lacunas evidenciadas no ensino dos conceitos referentes ao conteúdo de Estrutura Atômica no Ensino Médio, assim como fornecer aos professores e estudantes um material didático fundamentado nas tendências atuais do Ensino

de Química, o presente trabalho tem como objetivo produzir uma Sequência Didática¹ (SD) voltada para o ensino do Modelo Atômico de Dalton que permita ao professor focar não somente os conceitos, mas também as implicações sociais, políticas e culturais que o desenvolvimento da teoria atômica de Dalton ocasionou na História da Ciência, permitindo, desse modo, que os estudantes da Educação Básica construam uma imagem de Ciência mais humana e próxima de sua realidade.

Diante do exposto, o presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte maneira: No capítulo 2 serão apresentados os conteúdos da pesquisa, os quais motivaram a elaboração do presente trabalho, assim como uma análise do levantamento bibliográfico realizado relativo ao conteúdo em questão. Os objetivos dessa investigação encontram-se no capítulo 3.

Já no capítulo 4 serão apresentados os fundamentos metodológicos, os quais nortearão a organização e interpretação dos resultados, enfatizando, principalmente, aspectos historiográficos e a dinâmica pedagógica intitulada Situação de Estudo, sendo estes os principais referenciais utilizados na fundamentação da proposta de ensino.

No capítulo 5 será apresentado o texto histórico elaborado através de um estudo historiográfico, que retrata os estudos iniciais do atomismo desde a Grécia antiga até John Dalton, destacando sua vida e obra.

A elaboração de uma sequência didática fundamentada nas metodologias Situação de Estudo e História da Ciência serão apresentadas no capítulo 6.

No capítulo 7 serão apresentadas algumas considerações em relação a presente proposta deste trabalho. Nos tópicos seguintes, serão listadas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração do trabalho e nos apêndices encontram-se os dados referentes ao levantamento bibliográfico realizado e as atividades propostas na sequência didática.

¹ Segundo Zabala (1998, p. 18) a Sequência Didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos”.

2 O CONTEXTO DA PESQUISA

Considerando as dificuldades e problemas apontados pelas pesquisas em Ensino de Química/Ciências acerca dos processos de ensino e aprendizagem dos conceitos relacionados à teoria atômica de Dalton e buscando, portanto, reconhecer e aprofundar nosso problema de pesquisa, nessa seção apresentamos um levantamento bibliográfico realizado, acompanhado de algumas reflexões, as quais levaram a construção dessa proposta.

Com a necessidade de encontrar um material de apoio de qualidade contendo fontes confiáveis sobre o modelo atômico de Dalton, foi realizado um levantamento bibliográfico dos principais artigos publicados entre o período de 1980-2016, disponibilizados por periódicos brasileiros disponíveis na internet e classificados pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) no sistema WEBQualis, com índices de avaliação A1, A2, B1 e B2 na área de Ensino.

A pesquisa por artigos relacionados ao modelo atômico de Dalton foi feita individualmente no site de cada uma das revistas. A palavra-chave utilizada para efetuar a busca de artigos foi “Dalton”. Quando não encontrado no acervo da revista, foi então utilizado o indexador Scielo.

Ao todo foram pesquisadas 150 revistas, sendo encontrados 43 artigos relacionados ao modelo atômico de Dalton (a lista completa encontra-se no Apêndice 1). A Tabela 1, descreve detalhadamente a relação entre a classificação e o número total de revistas pesquisadas, como o número de revistas que possuem artigos sobre o modelo atômico de Dalton e o número de artigos sobre o modelo atômico de Dalton.

Tabela 1: Correlação entre classificação WEBQualis com número de revistas pesquisadas, número de revistas com artigos sobre o modelo atômico de Dalton e número de artigos sobre o modelo atômico de Dalton.

Qualis	Nº de revistas pesquisadas	Nº de revistas que possuem artigos sobre o modelo atômico de Dalton	Nº de artigos sobre o modelo atômico de Dalton
A1	10	1	1
A2	15	0	0
B1	60	4	40
B2	65	1	2

Fonte: Autoria própria.

Os dados da Tabela 1 mostram que a maior parte dos artigos publicados sobre o

modelo atômico de Dalton foram encontrados em revistas classificadas como B1, tendo poucos trabalhos publicados em revistas A1 ou B2. Não foi encontrado nenhum artigo presente em revistas A2.

Em seguida foram criadas 12 categorias, a fim de identificar os assuntos com maior predominância encontrados na pesquisa bibliográfica onforme mostra a Figura 1.

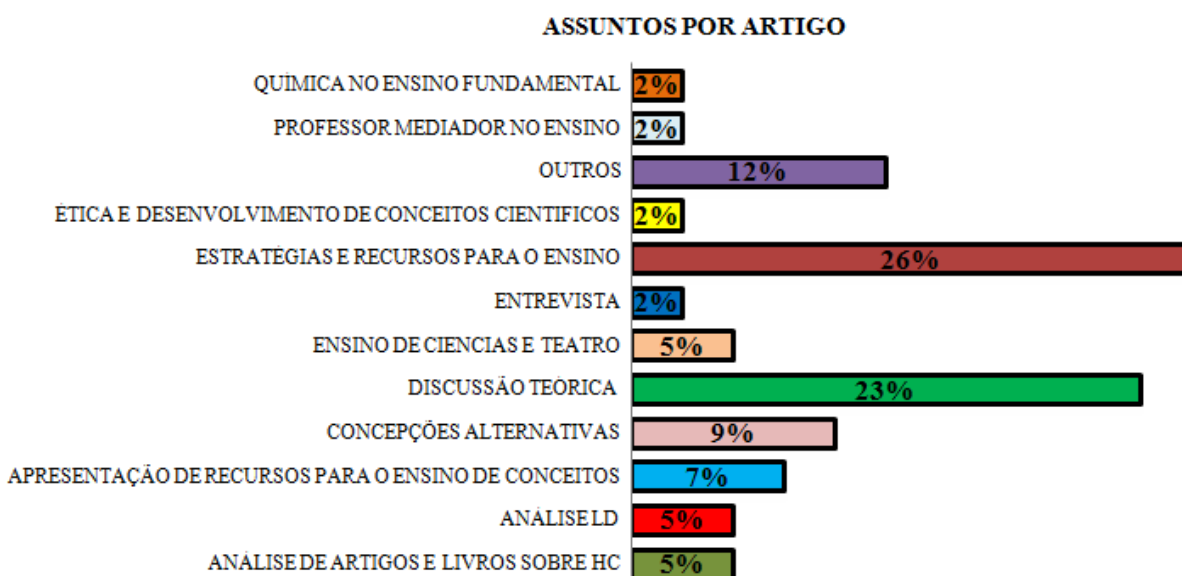


Figura 1: Assuntos abordados nos artigos pesquisados
Fonte: Autoria própria.

A primeira categoria denominada “Análise de artigos e livros sobre História da Ciência (HC)” que corresponde a 5% dos assuntos presentes nas pesquisas, contém dois artigos nos quais há referências ao uso da História da Ciência, assim como os estudos propostos por Jean Perrin.

Somente em um dos dois artigos, Dalton é citado factualmente como um elemento de percurso histórico para o desenvolvimento histórico acerca das proposições de Jean Perrin, autor do livro *Les atomes*, considerado um marco na História das Ciências (CHAGAS, 2003). No outro artigo (BALDINATO; PORTO, 2015), Dalton apenas é citado ao longo do texto.

Já na categoria “Análise de Livro Didático (LD)” que corresponde a 5% dos artigos pesquisados, encontram-se dois artigos, os quais apresentam algumas análises de diversos livros didáticos. O primeiro artigo (CHAVES; SANTOS; CARNEIRO, 2014), destaca como os modelos atômicos são abordados nos livros didáticos, em relação à utilização da História da Ciência. No entanto, o modelo atômico de Dalton, é citado apenas nas análises dos conteúdos ao longo do artigo. Já o outro artigo (MIRANDA; PEREIRA; MATIELLO; REZENDE, 2015), é realizado uma análise de modelos relacionados à cinética química

presentes em livros didáticos, sendo Dalton apenas citado como conteúdo estruturante do Ensino Médio

Na categoria “Apresentação de recursos para o ensino de conceitos” que corresponde a 7% dos assuntos presentes na pesquisa, contém três artigos, que utilizam recursos a fim de ensinar o conceito em foco. Em dois deles Dalton é apenas citado brevemente retratando algumas contribuições para a história da química (BENITE; BENITE; FILHO, 2011; CESAR; REIS; ALIANE, 2015). O terceiro artigo desta categoria retrata uma proposta utilizando a História da Ciência através de um texto para ensinar o conceito de atomística. Neste texto, é retratada a trajetória de Dalton e algumas contribuições que o levaram aos postulados primórdios de sua teoria, como também a elaboração de outros modelos atômicos (FERREIRA; PEDUZZI, 2014).

Em “Concepções Alternativas”, que corresponde a 9% dos artigos pesquisados, foi analisado quatro artigos (MORTIMER, 1995; FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009; CASTRO; SILVA, 2012; SAMRSLA; EICHLER; PINO, 2007) que retratam as concepções que os estudantes têm sobre os modelos atômicos. Em relação a Dalton, são discutidas as ideias que os alunos trazem ou adquirem sobre o seu modelo atômico, porém essa discussão é pontual, uma vez que os artigos realizam a abordagem referentes ao tópico Estrutura Atômica de modo geral.

A categoria “Discussão Teórica”, que corresponde a 23% dos assuntos presentes no levantamento, é constituída por artigos que apresentam uma discussão teórica a respeito das temáticas de investigação propostas. Essa categoria possui dez artigos (BASSALO, 1980; FILGUEIRAS, 2004; VIANA; PORTO, 2007; LEAL, 2001; OKI, 2002; MEDEIROS, 1999; OKI, 2004; NETO, 2007; VIDEIRA, 1993; OLIVEIRA, 2016), sendo que dois deles fazem uma análise histórica sobre o processo de construção do modelo atômico de Dalton, desde suas origens, vida e obra e suas contribuições para a química, não se limitando apenas ao desenvolvimento da teoria atômica.

Estes dois artigos (FILGUEIRAS, 2004; VIANA; PORTO, 2007) são relevantes para nossa proposta, pois mostram a ciência como construção humana, e não como algo pronto e acabado. Percorrendo os caminhos que Dalton traçou para o desenvolvimento de sua teoria, são retratadas nos artigos suas dúvidas, contexto social da época, mostrando os problemas que surgiram ao longo de seu trabalho.

Os demais artigos enquadrados nessa categoria, também fazem uma construção histórica acerca dos conceitos abordados, porém, o enfoque dos artigos é outro, como por exemplo, reflexões epistemológicas utilizando a História da Ciência para abordar conteúdos

estruturantes, ou discussões sobre a importância de Dalton para a teoria de Aston.

Em “Ensino de ciências e teatro”, que corresponde a 5% do total de artigos pesquisados, foram alocados dois artigos (ROQUE, 2007a; ROQUE, 2007b) que utilizam o teatro como ferramenta de ensino, ou até mesmo como uma proposta de uma disciplina para o ensino de Química em um curso de Licenciatura. Dalton é citado no texto das peças de teatro, em passagens nas quais os modelos atômicos são abordados, explicando conceitos relacionados à sua obra. Na proposta da disciplina que utiliza o teatro como ferramenta de ensino, Dalton é mencionado no contexto histórico sobre suas ideias acerca do atomismo.

Já na categoria intitulada por “Entrevista”, encontra-se um artigo (CAMELO, 2016) que traz uma entrevista com o autor de uma dissertação de mestrado que tratou de assuntos relacionados à formação de químicos no Brasil. Em relação a Dalton, o cientista é citado em uma discussão sobre como os modelos atômicos são apresentados nos livros didáticos de maneira descontextualizada.

Em “Ética e desenvolvimento de conceitos específicos”, categoria que engloba 2% dos artigos pesquisados, enquadra-se um único artigo (OLIVEIRA, 2010), o qual apresenta uma discussão relacionada aos conteúdos de Química, Física e Biologia, fazendo uma análise do ensino de Ciências na Educação Básica. Em relação Dalton, este é citado apenas em um trecho do artigo, no qual o autor afirma que seu postulado pode assumir algumas interfaces para melhor compreensão de seu modelo como, por exemplo, o estudo de seu contexto histórico.

A categoria “Professor mediador no ensino” contém um artigo (ROMANELLI, 1996) que corresponde a 2% do total, o qual relata o papel do professor como mediador no processo de ensino e aprendizagem do conceito átomo. Em relação a Dalton, é apresentada uma análise sobre como os professores ensinam os conceitos de atomismo, após uma entrevista com alunos. Esta pesquisa envolve todos os modelos e concepções referentes ao átomo, deste modo Dalton e seu modelo não são o objeto principal de estudo.

A categoria denominada “Química no Ensino Fundamental” corresponde a 2% dos artigos pesquisados. O único artigo (MILARÉ; FILHO, 2010) enquadrado nessa categoria discute como a Química é abordada no nono ano do Ensino Fundamental. Nesse contexto, o modelo de Dalton é citado apenas como um dos conteúdos estruturantes da disciplina de Ciências.

Já a categoria “Outros”, que corresponde a 12% dos assuntos presentes na pesquisa, contempla cinco artigos (FIORUCCI; FILHO, 2005; COLNAGO; ALMEIDA; VALENTE, 2002; MALNIC, 2006; SILVA; MARUYAMA; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2010; MACENO;

RITTER-PEREIRA; MALDANER; GUIMARÃES, 2011) que possuem uma diversidade de conteúdos que não se enquadravam nas demais categorias, como artigos relacionados ao Meio Ambiente, Prêmio Nobel, matriz curricular, questões de vestibular, nos quais Dalton, ou seu modelo, são brevemente citados como parte integrante do texto.

Com relação à categoria ‘Estratégia e Recurso para o Ensino’ a qual corresponde a 26% do total de artigos pesquisados, na seção a seguir apresentamos um detalhamento mais aprofundado desta, uma vez que esta categoria se relaciona ao objeto em estudo neste trabalho.

2.1 ESTRATÉGIAS E RECURSO PARA O ENSINO: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Na principal categoria e objeto de estudo desta pesquisa denominada “Estratégias e recursos para o ensino” enquadram-se onze artigos que sugerem propostas ou estratégias direcionadas para o ensino de Química, como atividades experimentais, recursos multimídia, ensino especial, as quais têm como objetivo comum promover o ensino de conceitos científicos relacionados aos modelos atômicos, apresentando ferramentas para os professores utilizarem em seus ambientes de ensino.

Entre os artigos pesquisados, apenas 11 apresentam propostas de estratégias e recursos para o ensino de Química, os quais estão listados no Quadro 1 a seguir, e serão melhor detalhados, uma vez que se aproximam do objetivo da presente proposta, de elaboração de uma SD para o ensino dos conceitos relacionados ao modelo atômico de Dalton na Educação Básica.

QUALIS	Nome da Revista	Título do Artigo	Autores	Ano de publicação
B1	Química nova na escola	De massas e massas atômicas	Reinaldo Calixto de Campos e Reinaldo Carvalho Silva	2004
B1	Química nova na escola	Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia	Glenda Rodrigues da Silva, Andréa Horta Machado e Katia Pedroso Silveira	2015
B1	Química nova na escola	Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química	Marlene Rios Melo e Edmilson Gomes de Lima Neto	2013
B1	Química nova na escola	Repensando a Química: A formação de equipes de professores/ pesquisadores como forma eficaz de mudança da sala de aula de química	Otávio Aloisio Maldaner e Maria do Carmo Tocci Piedade	1995
B1	Química nova na escola	Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências	Saulo França Oliveira, Noel Felix Melo, José	2013

	escola	Computacionais para Evidenciar Micromundos	Tatiano da Silva e Elder Alpes de Vasconcelos	
B1	Química nova na escola	Aula de Química e Surdez: sobre Interações Pedagógicas Mediadas pela Visão	Lidiane de L. S. Pereira, Claudio R. Machado Benite e Anna M. Canavarro Benite	2011

(Continuação do Quadro na página 21)

Continuação:

QUALIS	Nome da Revista	Título do Artigo	Autores	Ano de publicação
B1	Revista Praxis	As transições eletrônicas no átomo de Bohr como uma proposta de atividade para abordar tópicos de Física moderna e contemporânea nas Escolas do Século XXI	Evelin Nunes Ribeiro, Rafael Gomes Rocha e Ruth Bruno.	2015
B1	Experiência em ensino de ciências	Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo	Paula Nunes e José Claudio Del Pino	2008
B1	Experiência em ensino de ciências	Analogia & contra-analogia: um estudo sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de bohr e o sistema solar por meio de um júri simulado	Alexandre da Silva Ferry e Ronaldo Luiz Nagem	2009
B1	Experiência em ensino de ciências	Ensino de física moderna: um estudo de caso com ensino público e privado	André Flávio Gonçalves Silva, José Adauto Andrade Júnior e Francisco Augusto Silva Nobre	2012
B1	Química nova na escola	Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa	Nilma Soares Silva, André Correa Ferreira e Kátia Pedroso Silveira	2016

Quadro 1: Artigos referentes a Dalton relacionados a estratégias e recursos para o ensino de química
Fonte: Autoria própria.

Em relação a Dalton, os estudos trazem experimentos relacionados a seus postulados, artigos que propõem o ensino de seu modelo a partir de simulações, experimentos retratando os avanços e dificuldades relacionadas ao ensino de modelos atômicos, propostas de sequência didática, dentre outros.

Campos e Silva (2014) sugerem uma atividade experimental com o intuito de favorecer aos alunos do Ensino Médio a articulação entre conceitos da teoria atômica, leis ponderais e reações químicas.

Silva, Machado e Silveira (2015) propõem uma Sequência Didática relacionada à abordagem do átomo no Ensino Médio, incorporando simulações e vídeos como ferramentas para o ensino e aprendizagem dos conceitos.

Melo e Neto (2015) apresentam a aplicação de textos e experimentos realizados por licenciados com o intuito de verificar o desenvolvimento histórico de modelos atômicos.

Maldaner e Piedade (1995) sugerem uma estrutura metodológica para o ensino de Química a partir da temática combustão, com o objetivo de proporcionar um ensino capaz de romper o modelo tradicional, desenvolvendo atividades de interação ativa entre os alunos.

Oliveira et al., (2013) relatam o ensino de atomística a partir de um *software* de simulação e uma estratégia cooperativa chamada de *Jigsaw*, relacionada com os modelos de Thomson e Rutherford-Bohr.

Pereira, Benite e Benite (2011) apresentam uma investigação relacionada ao ensino de Química para a cultura surda, com o intuito de redirecionar a prática pedagógica, admitindo a visão como suporte eficaz da aprendizagem.

Silva, Ferreira e Silveira (2016) propõem o desenvolvimento de uma sequência de ensino, em que utilizam recursos multimídia, animações, simulações e vídeos como ferramentas para o estudo das teorias atômicas.

Ribeiro, Rocha e Bruno (2015) propõem uma atividade que aborda as transições dos elétrons no átomo de Bohr associados a uma problematização de caráter social.

Nunes e Del Pino (2008) apresentam a análise de uma estratégia didática utilizando o mapa conceitual na disciplina de Química, com o intuito de avaliar e identificar relações que existem entre os conceitos da Química e da Biologia.

Ferry e Nagem (2009) apresentam o contexto de uma estratégia didática para o ensino de modelos atômicos conhecidos como Júri simulado, que tem como foco o ensino de conceitos e ideias associadas à teoria atômica de Bohr.

Por fim, Silva, Andrade Junior e Nobre (2012) propõem uma metodologia para o ensino de Física relacionando os conceitos com o cotidiano dos alunos por meio do uso de experimentos, vídeos e simulações.

Conforme apresentado nos objetivos dos trabalhos encontrados na literatura, na categoria “Estratégias e recursos para o ensino”, nenhum artigo tem enfoque no modelo atômico de Dalton, especificamente, uma vez que na maioria dos trabalhos seu modelo é apenas parte integrante das propostas, desta forma se tornam necessária propostas direcionadas a esse tema, com o objetivo de superar as dificuldades encontradas no ensino de Química relacionado ao atomismo.

Mortimer (1995) salienta que uma das alternativas para os professores superarem essas dificuldades enfrentadas no ensino de atomismo é a utilização da História da Ciência, por fornecer um paralelismo, de acordo com o autor:

A importância desse paralelismo reside no fato de podermos mostrar aos alunos, através da História da Ciência, que os modelos que eles propõem se assemelham a modelos históricos que foram superados por um mais simples e racional, um modelo que admite que as partículas se movimentem no espaço vazio e explica várias transformações dos materiais em termos de mudanças no arranjo, na organização, na energia e no movimento das partículas, sem a necessidade de lhes atribuir todas as propriedades macroscópicas (MORTIMER, 1995, p. 26).

Martins (2007) afirma que a História e Filosofia da Ciência (HFC) são capazes de apresentar diversas dimensões. Segundo o autor a HFC contém uma extensão de estudos e pesquisas em que suas especificidades e bases teóricas vêm evoluindo com o passar do tempo, além de apresentar profundas contribuições para a Didática das Ciências por conter uma forte área de conhecimento.

Deste modo por se mostrar um método didático facilitador na construção de conceitos, modelos e teorias, a HFC se apresenta como um forte instrumento de ensino, principalmente frente a real situação de crise no Ensino de Ciências.

Segundo Matthews (1995) a HFC não contém todas as soluções para esta crise, contudo possui algumas respostas, à medida que a sua utilização pode humanizar as ciências aproximando-a dos interesses pessoais, culturais, éticos e políticos da sociedade, além de ser capaz de tornar as aulas de ciências mais pensativas e atraentes, sendo capaz de superar a falta de significados encontrado nas aulas de ciências.

O autor relata ainda que no ambiente escolar, fórmulas e equações são ministradas sem que os alunos saibam o seu real significado. Nesse sentido, a utilização da HFC pode auxiliar na formação de professores, tornando a ciência mais autêntica e rica, com uma epistemologia mais adequada na compreensão da estrutura científica.

Segundo Suart Júnior (2010),

[...] a abordagem histórica pode ajudar a detectar os obstáculos derivados da elaboração dos conceitos, sendo ela importante na análise de sua construção. No entanto, isso não significa elaborar um paralelismo entre a psicogênese e a História da Ciência, pois o aluno vive em um contexto social diferente do qual os conceitos foram elaborados. A História da Ciência pode ajudar na leitura de como os conceitos foram elaborados, construídos, e nessa perspectiva está a importância de sua utilização no reconhecimento dos obstáculos apresentados pelo indivíduo na aprendizagem (SUART JUNIOR, 2010, p. 33).

Com isso, a História da Ciência pode ser utilizada na construção de conceitos estruturantes de uma teoria, ajudando o aluno a compreender as origens e fundamentos que envolvem a construção de um determinado conceito.

Outro aspecto relevante desta metodologia é sua capacidade de propiciar um ensino

contextualizado e interdisciplinar, segundo Matthews (1995):

A tradição contextualista assevera que a História da Ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na História da Ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia científicista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (MATTEWS, 1995, p. 172).

É evidente que o objetivo do ensino não é que os alunos tracem os passos de grandes cientistas, mas que sejam capazes de questionar o processo de construção do conhecimento científico, no qual a História da Ciência é capaz de conduzir para uma abordagem que envolva questionamentos e leve a produção do conhecimento científico.

Além da utilização da História da Ciência, novas abordagens temáticas surgiram a fim de tornar o ensino mais atrativo e significativo para o aluno. Dentre elas temos o Ensino de Ciências por Investigação (CARVALHO, 2012), os Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009) e a Situação de Estudo (ZANON; MALDANER, 2007) em que, por possuírem etapas investigativas e problematizadoras, podem contribuir para explicação de conceitos (SOLINO; GEHLEN, 2014).

Neste sentido, considerando as dificuldades destacadas sobre o ensino de atomismo, o qual se inicia a partir do modelo atômico de Dalton, e os resultados encontrados no levantamento bibliográfico realizado, se vê a necessidade de novos métodos de ensino para o modelo atômico de Dalton, tendo em visto que o atual cenário de ensino não vem surgindo efeito e os conceitos são encarados pelos alunos como distante de seu contexto.

É de grande importância o estudo do modelo atômico de Dalton, pois nos proporciona compreender vários elementos-chaves para o ensino de Química. Dalton afirmou que toda a matéria era composta por pequenas partículas indestrutíveis denominadas de átomos, e acreditava que toda substância composta era um resultado de uma combinação de átomos. Essa ideia espetacular mudou nosso entendimento da matéria. Outras contribuições de Dalton foram seus estudos com gases, resultando na lei das pressões parciais, além de estabelecer que diferentes elementos possuíssem pesos relativos entre si. A criação da tabela periódica também teve a colaboração de Dalton, pois segundo a literatura, Mendeleev foi influenciado por Dalton para a construção de uma organização periódica dos elementos (STRATHERN, 2002).

Devido à escassez de materiais de qualidade para o ensino de Química, essencialmente para o ensino do modelo atômico de Dalton, se torna grande a importância de materiais de apoio e metodologias, uma vez que este é um tópico de fundamental importância para o ensino de Química.

A utilização da História da Ciência se torna importante para o ensino do modelo atômico, pois é capaz de evidenciar como Dalton enfrenta os problemas que foram surgindo, além de possibilitar a discussão sobre o caminho que este cientista percorreu até as origens de sua teoria atômica. Outro aspecto importante, ao trabalhar os conceitos científicos a partir de uma abordagem histórica, é desmistificar a ideia de que apenas grandes gênios podem fazer Ciência.

Além da História da Ciência, a utilização da dinâmica pedagógica intitulada Situação de Estudo (SE) contribui com o objetivo de mobilizar os alunos na busca pela (re)significação do conhecimento científico, promovendo maior interação entre o aluno e o objeto em estudo, a fim de tornar o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos envolvidos no modelo atômico de Dalton menos abstrato e mais significativo.

Utilizar, portanto, a SE, articulada a uma abordagem histórica dos conceitos, possibilita que o ensino do modelo atômico de Dalton se torne mais atrativo, proporcionando uma melhor compreensão de conceitos envolvidos. Neste sentido, este trabalho propõe a elaboração de uma proposta de ensino conforme descreve os objetivos a seguir.

3 OBJETIVOS

Analisando as necessidades e lacunas presentes no ensino de Química, de acordo com as pesquisas da área, em que os conceitos de atomismo são considerados abstratos, e visando contribuir para uma melhoria no ensino e aprendizagem dos conceitos relacionados ao modelo atômico de Dalton, o presente trabalho tem como objetivos:

3.1 OBJETIVO GERAL

- Construir uma Sequência Didática para a teoria atômica de Dalton, por meio da utilização da História da Ciência, fundamentada na dinâmica pedagógica denominada Situação de Estudo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender historicamente como se deu a origem e desenvolvimento da teoria atômica de Dalton, a partir da construção de um material de apoio para o ensino deste tema fundamentado na historiografia da ciência;
- Compreender as principais influências internalistas e externalistas sobre Dalton para a elaboração de sua teoria atômica;
- Compreender os principais aspectos epistemológicos e metodológicos da dinâmica pedagógicas denominada Situação de Estudo.

4 METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos elencados anteriormente, a proposta da Sequência Didática (SD) aqui apresentada fundamenta-se principalmente nos aspectos históricos e na dinâmica pedagógica denominada Situação de Estudo. Como foi destacado no levantamento bibliográfico, não foi encontrado nenhum material de apoio para o ensino do modelo atômico de Dalton, assim utilizando a Historiografia da Ciência, será elaborado um material de apoio para fundamentar a Situação de Estudo. A seguir apresentaremos algumas considerações acerca dos tópicos citados.

4.1 HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA

O método historiográfico é capaz de mostrar com clareza os diversos elementos presentes no mundo científico, relacionando-o com o mundo externo. Por ter caráter crítico, revela as bases epistemológicas históricas, políticas e axiológicas construídas nas narrativas históricas (VIDEIRA, 2007).

Por meio da historiografia é possível fazer uma análise crítica de obras já publicadas, procurando compreender quais foram às concepções e interesses científicos por parte do narrador a respeito do fato descrito, investigando seus objetivos e influências, como também seu público alvo. Desta forma, podemos compreender a ciência como ela realmente foi elaborada e produzida, e também seus processos de transições históricas e científicas (VIDEIRA, 2007).

Segundo Kragh (2001) o desenvolvimento da ciência foi sempre marcado por descrever e analisar fatos históricos. Na antiguidade, os historiadores clássicos se importavam em descrever fatos contemporâneos, pois os fatos anteriores não continham grande prestígio. As fontes fiáveis da época limitavam-se a descrições visuais por parte de testemunhas, as quais estariam presentes na narrativa histórica e seriam indagadas pelo historiador a fim de coletar informações.

Um dos fatores primordiais que pode ter contribuído para uma falsa perspectiva

histórica é o conceito de tempo. Os gregos encaravam o tempo como algo cíclico e sem precisão em suas datações. Desta forma, o conhecimento clássico que temos da História da Ciência é consideravelmente limitado devido à falta de informações temporalmente verdadeiras (KRAGH, 2001).

Quando surge a nova ciência, em meados do século XVI e XVII, a história ainda era considerada integrada ao conhecimento específico, particularmente de origem clássica. Já no final do século XVII ocorreram modificações, nas quais evidenciar o conhecimento do mundo moderno à custa do antigo prevaleceu. Influenciados pelo protestantismo, os historiadores objetivavam remontar a origem da ciência a um conhecimento bíblico, pretendendo-se excluir os conhecimentos gregos devido ao seu paganismo (KRAGH, 2001).

No século XVIII, marcado como século das luzes, a História da Ciência foi marcada por um otimismo científico e social ingênuo, no qual a ciência não era reconhecida como um fenômeno. Os máximos desta época são os pormenores cronológicos e exposições ordinárias, onde não havia uma reflexão histórica.

O método científico e histórico ganharam prioridade no final do século XIX, em detrimento dos métodos em vigor nas humanidades. Cientistas eminentes defendiam a substituição da história burguesa por uma história universal, baseada na ciência, pois, no final desse século, a História da Ciência começou a ser encarada como uma profissão (KRAGH, 2001).

Já ao longo do século XX, a institucionalização da História da Ciência ocorreu, passando por três fases historiográficas distintas entre 1950 e 2000. A primeira fase tem características positivistas e presentistas, em que a ciência é apresentada como corpo do saber, teleologicamente estruturado e com caráter experimental (VIDEIRA, 2007).

Deste modo, o positivismo consistiu na primeira força sobre a História da Ciência, no qual seus princípios defendiam o progresso linear, cumulativo em que a ciência conheceria antecipadamente o seu ponto de chegada. Auguste Comte, seu idealizador, foi apontado pelo químico e historiador George Sarton, como o pai da História da Ciência.

A segunda fase, chamada de pós-positivista, resulta da influência de Thomas Kuhn a partir de 1962, que consistiu em defender uma autonomia da História da Ciência em relação à Filosofia.

Por fim, na terceira fase, considerada pós-modernista, a ciência é entendida como entidade sociológica, marcada por restrições contingentes, práticas locais e vinculadas a agentes específicos.

Segundo Ferreira e Martins (2010), após as contribuições de Kuhn, a partir das

últimas duas décadas do século XX, a História da Ciência procurou recuperar conhecimentos antes desprezados e que pareciam errados. Também buscou identificar o conhecimento construído e inventado por nós seres humanos, e não por uma Ciência feita por gênios superiores e anormais. Neste sentido, Kunh contribuiu de forma a desmistificar a Ciência, que até então era representada apenas por grandes descobertas.

Outro aspecto importante na historiografia refere-se aos níveis utilizados para distinguir a história. Segundo Kragh (2001) a história pode se distinguir em dois níveis chamados de H1 e H2. A história H1 se refere à descrição de fenômenos ou fatos reais que aconteceram no passado, é objetiva, sendo interpretada como o próprio passado ou fenômenos passados. O único acesso que temos a H1 são seus fragmentos que foram passados por fontes informativas (KRAGH, 2001).

A história H2 é apresentada como uma análise da realidade de H1, de forma a investigar historicamente seus resultados. Nesse sentido a história H2 é um estudo da própria H1, de modo similar em que o objeto de estudo das ciências naturais é a natureza.

Se o objeto de estudo é a História da Ciência, são possíveis dois conceitos chamados de C1 e C2. Ciência 1 (C1) é atribuída a um conjunto de informações empíricas e formais acerca da natureza, desta forma a ciência é caracterizada em um produto acabado. A Ciência 2 (C2) se refere ao comportamento e atividades dos cientistas, deste modo, C2 é a ciência com desempenho humano, podendo ou não conduzir a um verdadeiro e objetivo saber a respeito da natureza.

Segundo Kragh (2001) a historiografia pode ser definida como o profissionalismo da escrita sobre a história, ou seja, representações dos fatos passados descritos por historiadores. Também pode ter significado de teoria ou filosofia da história, apresentando reflexões teóricas sobre a natureza da história H2.

A fim de avaliar as limitações de um relato, Kragh (2001) descreve um teste prático proposto por Hermerén, o qual está dividido alguns passos. Inicialmente deve averiguar as deficiências relatadas e posteriormente se as mesmas tornam este relato duvidoso, gerando assim uma falsa imagem da realidade histórica. Na sequência, verificam-se os objetivos e interesses ou facções em questão com o assunto retratado e se essas facções são favorecidas com o fato descrito. Na última etapa devem-se julgar as influências desse favoritismo.

Em relação às abordagens históricas da Ciência, elas implicam métodos e finalidades com intuito de organizar particularmente os materiais não originários objetivamente do próprio passado dado. Segundo Kragh (2001), podem ser classificadas de acordo com suas ideologias, conhecidas como externalista ou internalista.

A primeira ideologia chamada de externalista tem como foco o público leigo e corpos políticos. Seus defensores procuram legitimar a Ciência, utilizando argumentos econômicos, sociais ou culturais.

Já a abordagem chamada internalista é focada especificamente a comunidade científica. Seus defensores acreditam que a Ciência não necessita de fatores externos, pois a única maneira de explicar seu desenvolvimento é a partir da lógica e da experimentação.

Kragh (2001) apresenta além das ideologias internalistas e externalistas, duas visões a serem consideradas pelos historiadores em sua análise historiográfica, a fim de interpretar fatos. Na historiografia da ciência essas duas visões distintas são classificadas em visões anacrônicas e diacrônicas.

Na perspectiva de visão anacrônica, a ciência do passado deveria ser estudada à luz do conhecimento que temos hoje, a fim de compreendermos seu desenvolvimento e o modo como conduz o presente. Desta forma, o anacronismo significa utilizar as ideias e conceitos passados a fim de analisar fatos de outra época, caracterizando uma visão presentista da história. Também conhecida como interpretação *Whig* da história, criada por Herbert Butterfield, essa visão é caracterizada por mostrar apenas conquistas históricas da ciência e sua ratificação do presente (KRAGH, 2001).

Já a visão diacrônica, consiste em estudar a Ciência do passado à luz dos fatos e opiniões que verdadeiramente existiram no passado, de forma a serem descartadas ocorrências futuras que não teriam influência no período em análise.

Outro aspecto importante referente à historiografia é a análise de fontes, que tem como objetivo determinar a sua independência e fiabilidade. As fontes são habitualmente distinguidas, segundo Kragh (2001), em primárias e secundárias. Fontes primárias são aquelas provenientes da época em que revela a informação e têm ligação direta com a realidade histórica (cartas, registros, diários, manuscritos etc.).

Fontes secundárias, segundo o mesmo autor, originam-se em uma época posterior a originária da fonte, e tem como origem fontes anteriores, as primárias. Dependendo da análise, uma fonte pode assumir o papel de primária ou secundária.

No entanto, ao fazer historiografia, o historiador não é confrontado sobre a escolha entre uma ideologia em questão, pois ambos os elementos devem estar presentes em sua investigação. Isso vai depender da importância do tema particular a ser investigado como também a seus objetivos (KRAGH, 2001).

Conforme os aspectos principais relatados sobre a historiografia da Ciência, com intuito de produzir uma SD contendo fatos e fundamentos com recortes históricos confiáveis,

será aplicada esta abordagem, utilizando principalmente fontes secundária, a fim de alcançar os objetivos propostos.

4.2 SITUAÇÃO DE ESTUDO

A Situação de Estudo (SE) surge no ensino de Ciências como uma maneira nova de organizar o currículo, em que, ao fazer o uso da SE em seus planos pedagógicos, o professor é capaz de romper a fragmentação e linearidade encontradas no ambiente escolar (TEIXEIRA; FERNANDES; MASSENA, 2013).

Segundo Sangiogo et al., (2013) ao elaborar uma SE, os elementos de vivência dos alunos são valorizados, além da necessidade de pensar os conceitos científicos. As vivências são entendidas como as relações que o aluno faz com seu cotidiano, importantes para a construção do conhecimento, possibilitando a formação de suas funções psicológicas, como também a competência de abstrair e generalizar. Ao utilizar fatos familiares em sala de aula, ocorre à possibilidade de interação com o objeto de estudo, e conseqüentemente com o professor, possibilitando a aprendizagem.

Para Halmenschlager (2011) os conteúdos abordados na SE devem estar inseridos no cotidiano do aluno:

A seleção e organização dos conteúdos a serem estudados estão relacionadas a uma temática, a qual representa uma situação real que de alguma forma se faz presente no contexto dos alunos. No contexto do ensino médio, a organização e desenvolvimento das SE envolvem, geralmente, os componentes curriculares de Física, Química e Biologia. Os principais aspectos que configuram parâmetros para a elaboração e desenvolvimento de SE são: a contextualização, a interdisciplinaridade, a significação conceitual e a problematização (HALMENSCHLAGER, 2011, p. 2).

Segundo Zanon e Maldaner (2007) a SE foi pensada por um grupo de professores no âmbito de um grupo de pesquisa em Ensino de Ciências no ano de 2000, e o foco se concentra na vivência dos alunos fora do contexto escolar, a fim de que sejam capazes de elaborar novos conhecimentos e significados defendendo seus ideais.

Uma SE é um estudo realizado por um coletivo de pessoas em constante interação, de forma que nela a Ciência é familiarizada como uma elaboração histórica/cultural específica, uma estruturação do saber, facilitando a abstração da realidade, pois busca-se a compreensão de algum assunto do mundo, cumprindo de fato a função essencial e indispensável da escola: a apropriação de pensamentos e linguagens competentes a fim de agir

em seu meio (ZANON; MALDANER, 2007).

O ensino de Química desde sua origem possibilita pensar e agir e conseqüentemente significar novos conceitos/palavras na explicação de fenômenos e acontecimentos, perante interações de ensino e aprendizagem firmadas na visão de que a produção Química, reconhecida como um conhecimento específico, só é possível por meio de ferramentas próprias de sua cultura: pensamentos, conceitos e modelos compreensivos da realidade (ZANON; MALDANER, 2007).

Os conceitos da Química, entre eles o (átomo, elétron, ligação química, entre outros) foram entidades culturalmente criadas e que são capazes de permitir o aprendizado e a continuidade da Química como ciência nas salas de aula (ZANON; MALDANER, 2007).

Para Zanon e Maldaner (2007) a SE no ensino de Química é uma poderosa ferramenta cultural:

Na SE cada “ente”, cada objeto criado, cada linguagem/representação historicamente produzida e constitutiva do conhecimento químico é mediada em interações não simétricas, num “olhar para” e “pensar sobre” com essa ferramenta cultural específica, essa criação humana com importante papel na significação do mundo, do ponto de vista das ciências (ZANON; MALDANER, 2007, p. 117).

Deste modo a SE problematiza visões simplistas da ciência e do ensino, considerando uma dinâmica que envolve o processo de produção do conhecimento químico, promovendo a relação mediadora entre os saberes específicos e cotidianos. A produção do conhecimento químico deve ultrapassar a pesquisa empírica pessoal, uma vez que o aluno não deve se limitar apenas às práticas físicas, mas também a modelos e conceitos convencionais da Ciência (ZANON; MALDANER, 2007).

Com intuito de atender as mudanças exigidas na Educação Básica, a SE é um movimento de reforma educacional em desenvolvimento que, de acordo com Zanon e Maldaner (2007):

[...] consideram novas exigências da sociedade tecnológica que mobilizam esforços, em níveis e setores diversificados, ampliando e complexificando demandas de novas práticas educativas, num cenário problemático em que o “fracasso” da educação escolar não pode ser simplesmente remetido ao professor e a escola, isoladamente. A produção da SEs situa-se no movimento de ampla reforma educacional em desenvolvimento no país (LDB 1996, referenciada pelos PCN: Brasil, 1998/1999) (ZANON; MALDANER, 2007, p. 119).

Na elaboração de uma SE, cada docente trabalha os conteúdos relacionados a sua disciplina, e que são necessários para a compreensão da situação real. A análise da dimensão

resulta em um conjunto de significados de conceitos provenientes de um sistema educacional, traduzido em disciplina escolar, permitindo ultrapassar os limites educacionais (SANGIOGO et al., 2013).

Sangiogo et al., (2013, p. 40) afirma que “o conceito pode ganhar novos significados à medida que é articulado a outras situações ou a outros contextos de discussão, nas interações, em diferentes disciplinas escolares e situações de estudo”.

Uma SE possibilita o rompimento das práticas tradicionais de organização curricular, em que as disciplinas eram trabalhadas de maneiras separadas. Deste modo a SE promove a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade sobre os conceitos a serem ensinados.

Na parte prática, após escolher a situação/tema a ser estudada, uma equipe pedagógica é organizada com intuito de explicitar prioridades consideradas fundamentais em torno dos conteúdos utilizados em cada disciplina, que serão trabalhados em sala de aula com o objetivo de colaborar na situação vivencial estudada. Conceitos podem ser estudados em algumas disciplinas e costumam ser retomados em vários momentos da SE. Deseja-se, deste modo, com esta organização interdisciplinar, desenvolver um trabalho que não leve ao individualismo disciplinar (SANGIOGO et al., 2013).

Segundo Sangiogo et al., (2013) para desenvolvimento dos temas em sala de aula, são propostas três etapas:

- 1) **Problematização**, definida como espaço para os alunos expressarem o seu entendimento sobre o tema a ser abordado; 2) **Primeira elaboração**, momento em que são estudados textos de aprofundamento da temática apresentada na Problematização e são realizadas atividades que permitem a socialização da situação em estudo; 3) **Função da elaboração e compreensão conceitual**, etapa em que o aluno começa a relacionar as palavras representativas dos conceitos científicos com o contexto no qual as mesmas são empregadas (SANGIOGO et al., 2013, p. 39, grifo nosso).

Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012) destacam a importância da terceira etapa na constituição da SE:

Outro aspecto a destacar na função da elaboração e compreensão conceitual é a retomada das questões iniciais apresentadas na problematização, pois há a finalidade de se obter uma compreensão conceitual dessas. Além disso, destaca-se que, a partir da formação de um pensamento conceitual, o estudante terá condições de compreender outras situações, para além daquelas que lhe foram apresentadas durante o desenvolvimento da Situação de Estudo. Com base nisso, na terceira etapa, também são apresentadas outras situações sobre as quais os estudantes têm algo a dizer, e que, na maioria das vezes, representam uma problemática mais ampla, uma dimensão mais global (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 14).

No decorrer das aulas, podem ser utilizadas várias fontes informativas e textos de livros didáticos, filmes, documentários, internet, revistas, jornais e outros. Outro aspecto relevante é a variedade de metodologias que podem ser inseridas (experimentação, mapa conceitual, pesquisa, trabalho em grupo etc.), com intuito de alcançar o objetivo da SE. Além disso, pode apresentar propostas como, visita de campo ou realização de palestras sobre os aspectos em torno da SE (SANGIOGO et al., 2013).

No desenvolvimento de conceitos relacionados ao cotidiano, são inseridos os científicos com o intuito de interação. Desta forma, um dos aspectos primordiais da SE é a permanente significação conceitual (SANGIOGO et al., 2013).

Por fim, destacamos que para a utilização da SE como dinâmica organizadora da SD proposta nesse trabalho são realizadas algumas adaptações na proposta original, uma vez que, inicialmente, a SE é pensada enquanto uma ferramenta para organização curricular, compreendendo, como exposto acima, práticas interdisciplinares. Considerando o contexto e os objetivos almejados neste trabalho, buscamos nos referenciais teóricos que fundamentam esta dinâmica pedagógica, elementos que possibilitassem a organização da SD, buscando contemplar as etapas mencionadas anteriormente em nosso contexto de investigação, no caso, uma proposta para o ensino de um conceito químico específico – O modelo atômico de Dalton.

5 O DESENVOLVIMENTO DO MODELO ATÔMICO DE DALTON ATRAVÉS DE UM ESTUDO HISTORIOGRÁFICO

Para resolver os desafios da Química experimental se faz necessário da utilização de uma teoria. Esta consiste em uma ferramenta pedagógica que nos permite projetar aquilo que não enxergamos: um mundo invisível que vai além dos fenômenos, um futuro epistemológico da química (BENSAUDE-VINCENT: STENGERS, 1992).

Foi através de uma hipótese que Dalton desenvolveu sua teoria atômica, que por muitos é considerada como base da química quantitativa. Mas para entendê-la é preciso voltar no tempo e compreender quais as contribuições e influências que levaram Dalton ao desenvolvimento de sua teoria.

Deste modo, utilizando a nova historiografia da ciência e analisando os aspectos internalistas e externalistas, procurou-se retratar a ciência de forma fiel, envolvendo o processo construtivo e seu desenvolvimento epistemológico, com o objetivo de compreender o modelo atômico de Dalton. Sendo utilizadas as principais referências historiográficas presentes em nosso contexto, como: Marr, Kragh, Bensaude-Vincent e Stengers, Filgueiras, Auffray, Viana e Alfonso-Goldfarb et al., (2016) que são fontes secundárias consideradas como confiáveis.

Estes autores em suas análises apontam que Dalton influenciado por Newton em seus estudos sobre a solubilidade dos gases chegou à relação de peso e massa atômica, que se destaca como o ponto de partida para a sua teoria.

No entanto, para entender o pensamento atomista é necessário voltar à Grécia antiga a fim de compreender a origem e evolução deste conceito, que teve seu ápice em Dalton com a elaboração de sua teoria atômica.

5.1 OS ANTECEDENTES ÀS PROPOSIÇÕES DE JOHN DALTON

Viveram na Grécia antiga aproximadamente nos séculos VII e V a. C os primeiros pensadores a fazerem suposições sobre a matéria, conhecidos como filósofos pré-socráticos.

Seus estudos se destinavam sobre a origem, transformações, princípios da natureza da matéria e suas relações com o divino (MARR, 2008). Uma das principais contribuições dos gregos para a Química foi o conceito de elemento.

Empédocles assim como outros filósofos (490 a.C. – 430 a.C), propôs um número ilimitado de elementos. Segundo ele, os objetos e seres seriam compostos por diferentes proporções de quatro elementos: Terra, água, ar e fogo. Essa teoria ficou conhecida como a dos quatro elementos.

Além destas contribuições filosóficas e científicas para a origem da matéria, Leucipo e Demócrito ambos gregos, criaram o pensamento científico conhecido como átomo. Desta forma, os átomos seriam partículas pequenas e indivisíveis que se dividia em toda a matéria, possuindo um contínuo movimento no vácuo, idealizando uma teoria atômica (MARR, 2008).

Contra as ideias atomistas Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C) rejeita o Vácuo, pois o mesmo estaria em desacordo com a sua teoria do movimento sendo inconcebível na filosofia eleática². Além disso, a criação do éter possui como objetivo suprir as eventuais lacunas causadas entre os quatro elementos que compõem a matéria. Ainda, quando rejeita a impossibilidade do vazio e impõe a necessidade de uma extensão de matéria continua, acaba dificultando a conciliação entre a filosofia aristotélica e o atomismo. Aristóteles acreditava que todos os materiais constituídos pelos quatro elementos poderiam converter um elemento em outro pela sua qualidade oposta, raciocínio que reside à base teórica da transmutação (PORTO, 2013).

A grande influência dos trabalhos de Aristóteles fez com que as ideias do atomismo se tornassem menos importante. Este fato resultou no desenvolvimento da teoria aristotélica dos *minima naturalia*, assumindo que a matéria seria formada por partículas mínimas com as propriedades qualitativas que observamos nos corpos (VIANA, 2007). Por ser uma figura de autoridade em todos os campos da ciência, sua aceitação da teoria dos quatro elementos e sua rejeição do pensamento atomista influenciou a Química/alquimia por muitos anos.

O pensamento aristotélico ganhou grande prestígio em sua época. A igreja, uma de suas seguidoras, aderiu à filosofia aristotélica orientando a evolução científica e renascentista sobre sua influência (MARR, 2008).

A teoria dos quatro ou cinco elementos foi aceita pelos cientistas por quase 2000

² Filosofia pré-socrática, tem seu nome pela cidade de Eleia- Único conhecimento válido é o fornecido pela razão.

anos. Porém, mesmo após a oposição do atomismo por Aristóteles, alguns filósofos ainda defendiam o atomismo, como foi o caso de Epicuro (341 a.C. – 270 a.C.). O grego e filósofo Epicuro pregava a física muito semelhante à de Demócrito, pois foi influenciado por um de seus alunos.

No átomo de Demócrito os átomos poderiam assumir qualquer tamanho, já para Epicuro os átomos contêm partículas de tamanho agregado e se movimentam com a velocidade do pensamento. Influenciado por Epicuro, o poeta e filósofo Lucrécio (340 a.C. – 268 a.C.) expôs em seus trabalhos as ideias atomistas de Demócrito. Suas obras contêm um aspecto materialista apresentando muitos dos conceitos químicos que temos hoje.

Mesmo após as ideias de Epicuro e Lucrécio não terem êxito aos seus contemporâneos, o atomismo democritiano não desapareceu por completo. Foi sendo considerado como uma alternativa para muitos filósofos, inclusive seguidores de Aristóteles, causando grande surpresa (MARR, 2008).

O atomismo da antiguidade é considerado real e mecanicista, pois os átomos propostos não possuem um modelo que interprete a natureza. Essas entidades consideradas reais pretendiam explicar fenômenos naturais através de termos de movimentos, transposições, rearranjos, justaposições e separação de partículas.

Segundo Porto (2013) podemos considerar que o atomismo clássico na linguagem cotidiana era composto por quatro elementos essenciais:

- 1) Indivisibilidade das unidades elementares e inalteráveis (corpuscularidade) da matéria; 2) Existência do vazio , através do qual se movem os átomos; 3) Reduccionismo , isto é, entendimento das propriedades dos objetos materiais em termos de movimentos e organizações dos corpúsculos elementares, em si mesmos, dotados apenas de extensão, forma e movimento; 4) Mecanicismo: concepção segundo a qual os movimentos são exclusivamente causados pela ação local (de contato) de agentes externos materiais. Com base nesta concepção , são rejeitadas fundamentalmente quatro noções: I) espontaneidade, que significa a autogeração do movimento; II) ação a distância , que viola a localidade da causação; III) existência de causas incorpóreas , que viola o estrito materialismo da causalidade; IV) a ideia de causas finais: descarta-se a ideia de que os processos naturais ocorram com vistas ao cumprimento de qualquer finalidade; as únicas causas desses processos são as outrora chamadas de eficientes (PORTO; 2013, p.5)

Esses fundamentos eram totalmente contraditórios com os aspectos predominantes da filosofia, da cosmologia e da ciência defendida por Aristóteles, até então inquestionáveis nos meios educacionais europeus dos séculos XV e XVI (PORTO; 2013).

O conceito de átomo não havia obtido sucesso na Grécia Antiga, desta forma surgiram novas teorias para explicar a composição e transformação da matéria, como a teoria

enxofre-mercúrio. No século X, Jabir in Hayyan propõe que a composição da matéria seria obtida no contexto alquímico. Assim, os diferentes metais seriam formados por quantidades distintas de enxofre e mercúrio. A proporção perfeita entre as duas espécies só seria encontrada no Ouro. Para Jabir a busca das “naturezas” consideradas internas e externas tinha como objetivo de alcançar um equilíbrio que permita que os metais se transformem uns nos outros. As naturezas internas e externas apontadas por Jabir seriam os pares de qualidades associados aos quatro elementos de Aristóteles (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

A teoria enxofre-mercúrio havia obtido vários seguidores, entre eles os alquimistas e estudiosos da época sendo defendida por influentes figuras como o médico aristotélico Abu Ali Al-Husayn ibn Sina (980-1037), mais conhecido como Avicena, que acreditava na teoria enxofre-mercúrio e na hipótese da transmutação dos metais. Além disso, contribuiu para o ensino de medicina na Europa até meados do século XVI.

No final do Século XV a Europa estava passando por um período repleto de transformações que afetavam todas as ciências. Contra as ideias de Avicena e dos seguidores de Aristóteles, Paracelso propõe então diferentes conceitos sobre a estrutura da matéria (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Paracelso estabelece a teoria conhecida como tria prima, ou três princípios: Mercúrio, Enxofre e Sal, que seriam os responsáveis por formar toda a matéria. Ele havia alterado e modificado as ideias dos antigos alquimistas árabes sobre a composição dos metais mercúrio e enxofre, adicionando o terceiro princípio, o sal.

Segundo Alfonso-Goldfarb et al., (2016) a tria prima possuía algumas características:

Seu enxofre seria o princípio da inflamabilidade; o mercúrio o princípio da volatilidade e fusibilidade; e o sal seria o princípio da não inflamabilidade e da fixidez (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016, p.42).

Paracelso, entretanto não chegou a negar a hipótese dos quatro elementos. Durante os anos de sua vida, foi modificando e alterando suas ideias e princípios, afirmado em alguns postulados que os quatro elementos são constituídos pela tria prima. Suas ideias foram fundamentais para o desenvolvimento histórico da química nos séculos seguintes.

Neste momento histórico, o conceito de átomo não tinha espaço no âmbito científico, foi somente com as ideias mecanicistas no século XVI que passa a ganhar força, dando início a um novo atomismo científico.

O filósofo, matemático e químico Joachim Junge (1587-1657), fundador da primeira sociedade de cientistas do norte da Europa em 1622, explicou diversas reações utilizando o

atomismo. Junge antes de atomista era mecanicista, utilizava a teoria corpuscular para explicar as transformações envolvidas nas reações químicas. Era considerado responsável pela abertura do novo atomismo científico, principalmente para o desenvolvimento das teorias corpusculares elaboradas a partir do século XVII.

Mas a primeira teoria corpuscular considerada molecular foi elaborada pelo teólogo e médico Isaac Beeckman (1588-1637). Beeckman criou uma escola de mecânica em Rotterdam e lecionou em outra em Dordrecht fundando a primeira estação meteorológica europeia. Influenciado por Epicuro, Lucrécio e Galeno, Beeckman conseguiu unir o atomismo com os aspectos religiosos:

Deus criou os átomos ex nihilo e os dotou de qualidades e propriedades que lhes impõe seu futuro comportamento, não havendo assim lugar para o acaso na evolução de seres e objetos (KUBBBINGA, 1620, p.181 apud MARR, 2008, p.350).

O essencial dos postulados de Beekman é a ideia de que diferentes estruturas são capazes de explicar a existência de diferentes substâncias (MARR, 2008).

As ideias sobre o atomismo foram avançando e surgindo modelos para a estrutura da matéria considerando a existência dos átomos. Esses modelos eram utilizados para a interpretação de fenômenos naturais (animados e inanimados) de cunho mecanicista, consideradas apenas como uma aproximação das causas que envolviam as concepções filosóficas (MARR, 2008).

O pensamento científico nos séculos XVII e XVIII exigia que a formulação de hipóteses prévias fosse confirmada pela experimentação científica. Para explicar os fenômenos naturais eram utilizadas concepções descontínuas como: átomos, moléculas e vários corpúsculos. Surgiram assim às primeiras teorias corpusculares ou atomísticas elaboradas por vários cientistas como René Descartes (1596-1650), Pierre Gassendi (1592-1655), Daniel Sennert (1572 – 1637), Robert Boyle (1627-1691) e Sir Isaac Newton (1642-1727).

No século XVII, Descartes proclamava uma nova escola de filosofia natural que estava preste a entrar em ascensão. Neste contexto o naturalismo renascentista acreditava que a natureza era um mistério que a razão humana não era capaz de compreender (WESTFALL, 2001). Já Debus (2002) descreve que Descartes idealizou uma ciência da natureza universal que tinha como porta de entrada a matemática e o método matemático. Reagindo contra o naturalismo renascentista e sua justificação metafísica, Descartes defende que toda realidade é composta por duas substâncias: a mente e o corpo (WESTFALL, 2001). A mente, também

chamada de substância pensante não continha nenhuma característica da matéria nem do movimento, apenas era responsável pelo pensamento. Deste modo, foram excluídas da natureza material as características psíquicas.

Descartes ao contrário do pensamento renascentista separa as entidades que até então eram consideradas únicas como: a mente e a matéria, e o corpo e o espírito. Poucos cientistas seguiram a metafísica cartesiana, os mais importantes aceitaram inquestionavelmente o dualismo mente/corpo, nascendo à natureza física da ciência moderna.

A filosofia mecanicista da natureza influenciou conseqüentemente na exclusão radical do renascimento naturalista, que até então era dominante (WESTFALL, 2001). A filosofia mecânica caracteriza-se, fundamentalmente, por um conjunto limitado de princípios explanatórios. Na química, é através desta teoria filosófica determinista que todos os fenômenos são explicados por meio da matéria ou figura e do movimento (HENRY, 1998).

Segundo Alfonso-Goldfarb (2005), a corrente mecanicista teve como suporte principal a filosofia de René Descartes, partindo do princípio de que não existem qualidades ocultas, na qual o universo cartesiano é definido como um contínuo de matéria, que se reduz a partículas que se dividem infinitamente, cuja relação entre si é explicada em termos mecânicos de movimento perfeitamente quantificável.

Foi no cogito (penso, logo existo) que Descartes encontrou a certeza daquilo que não poderia se duvidar, tornando um alicerce para uma nova maneira de pensar. Mas para isso era necessário rejeitar todo o conhecimento passado e começar de um novo, era inquestionável aceitar Deus e a realidade da existência individual (cogito) (DEBUS, 2002). No século XVII, todos acreditavam que Deus era a origem do movimento, no início Deus criou a matéria e a colocou em movimento (WESTFALL, 2001).

Descartes (1596-1650) afirmava que somente as relações matemáticas poderiam compreender a matéria. Ele considerava que a matéria e a extensão eram as mesmas coisas. Em geral sua teoria corpuscular considera um corpo ou uma parte da matéria como algo que se move em conjunto, não diferenciando matéria e extensão negando a existência do vazio.

Assim, seus corpúsculos eram caracterizados por conter diferentes massas e movimentos sobre um meio material (éter). Para Descartes as características dos materiais seriam guiadas por leis matemáticas (VIANA, 2007). Porém a concepção plenista³ e mecanicista de Descartes não foi capaz de oferecer uma física de caráter quantitativo, sendo considerada como uma de suas grandes fragilidades (PORTO; 2013).

³ Sistema dos que pensam que o Universo é todo ocupado pela matéria e negam a existência do vácuo.

O século XVII seguia com uma forte corrente repleta de seguidores da filosofia mecanicista da natureza, dentre eles o filósofo e atomista Pierre Gassendi.

Segundo Bensaude-Vincent e Stengers (1992) Gassendi e Boyle foram defensores do atomismo, atribuindo um elo com o divino:

Gassendi, em França e Boyle, em Inglaterra, defenderam no século XVII que os átomos permitem conceber o mundo como uma máquina, submetida a vontade do seu criador para o qual revertem toda a glória (BENSAUDE-VICENT, 1992, p.44)

Pierre Gassendi (1592- 1655) é tido como o filósofo que restaurou o atomismo na modernidade, criticando o epicurismo tradicional. Segundo o filósofo o universo não poderia ser explicado apenas pelas concepções atomistas, pelo contrário deve assumir a existência de Deus (VIANA, 2007).

O filósofo Pierre Gassendi introduz em sua filosofia um elemento básico que ao longo dos tempos havia sido esquecido, o conceito de átomo. Sua teoria se enquadrava como uma alternativa as doutrinas que explicavam a origem da matéria, com destaque o aristotelismo.

As ideias básicas do atomismo antigo defendidas por Gassendi consideram os átomos como elementos constituintes da matéria e admitiam a existência do vazio (ROVARIS; 2007) Gassendi também era defensor do empirismo acreditando que os átomos poderiam ser evidenciados indiretamente pelos dados sensoriais obtidos pela observação.

Segundo Rovaris (2007) Gassendi resgata o pensamento atomista de Leucipo, Demócrito e Epicuro:

Os chamados atomistas antigos a que Gassendi alude incluem Leucipo (500 a.C), Demócrito (460-370 a. C) e Epicuro (341- 270 a. C). Eles explicam a persistência a mudança e as qualidades manifestas de objetos materiais pela forma, organização, posição e interações das suas partículas elementares indivisíveis. Para eles, existem muitos átomos se movendo constantemente através de um vazio de tamanho infinito (ROVARIS, 2007, p.17).

Gassendi havia restaurado a ideia atômica da antiguidade unificando-as com sua filosofia mecanicista e sua crença cristã, assumindo a matéria como unidades básicas divisíveis:

Para Gassendi Deus criou uma massa de matéria que pudesse ser quebrada em pedaços menores, como se fosse constituída dessas partículas menores, considerou como criação estes pedaços menores. Ele também supõe que os átomos individuais receberam de Deus, logo no momento de sua criação, sua corpulência ou dimensões pequenas, e sua enorme variedade de formas. Também receberam do criador a

capacidade (vis) de movimento e a capacidade de transmitir movimento para as outras coisas, além da capacidade de se desencaixar, de se soltar, de bater em outros átomos, de se mover em direção a outros átomos, de se mover em direção oposta a outros átomos, de se acoplar uns aos outros, de se juntar (ROVARIS, 2007, p.62)

Como defensor do atomismo, Gassendi se difere de Descartes em determinadas questões definidas. Descartes acreditava que a matéria era infinitamente indivisível, já Gassendi pensava na existência de unidades básicas que são divisíveis (WESTFALL, 2001).

Conciliando as concepções mecanicistas aplicadas para a matéria, o atomismo foi deixando de ser considerado com uma doutrina pagã, possibilitando deste modo o avanço das ideias atomistas.

Outro grande mecanicista colaborador para as ideias do atomismo foi Daniel Sennert (1572 – 1637) responsável por unir o atomismo tradicional com as ideias do *minima naturalia* de Aristóteles, propondo uma teoria que organizava os constituintes da matéria.

Mas a principal figura da Química mecanicista foi Robert Boyle (1627-1691), que é visto como responsável por destacar as teorias de Gassendi e Descartes. Por ter grande ligação com os dados macroscópicos, procurava utilizar seus experimentos para desenvolver suas teorias, fundamentos que foram derivados das ideias de Lord Bacon. Segundo Westfall (2001) foi Boyle quem enalteceu o nome da filosofia mecanicista, pois ele considerou que ela era capaz de relacionar todos os acontecimentos naturais com os dois princípios católico, a matéria e o movimento.

Boyle assim como Ciniro, foi um dos filósofos que se destacou buscando uma concepção alternativa às ideias dos aristotélicos e espagiristas (seguidores de Paracelso). Sua obra é divulgada em seu livro: *O Químico Cético* publicado em 1661. Nesta obra conforme apresenta Alfonso-Goldfarb et al., (2016) Boyle faz um diálogo com três personagens sobre a constituição da matéria. Boyle acreditava que a matéria é constituída por partículas que poderiam se agregar de diversas formas e aglomerados, combinando de diversas maneiras possíveis. As últimas partículas da matéria seriam entidades completamente pequenas, sólidas e fisicamente indivisíveis. Assumindo o vácuo, as partículas formariam aglomerados coesos que seriam resistentes às operações químicas, tornando-se muito difícil rompê-los. Os corpúsculos secundários seriam responsáveis pelas características imutáveis presentes nos materiais. Esses corpúsculos secundários poderiam se combinar formando substâncias compostas que poderiam se recombinar facilmente (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

As ideias de Boyle sobre a composição e transformação da matéria abalaram as visões da química, sendo possível explicar as observações sobre as transformações da matéria.

Porém suas ideias não foram muito aceitas, predominando as ideias do flogístico como principal constituinte da matéria.

Influenciado pelos trabalhos de Boyle, já no final do XVII o físico e mecânico Isaac Newton (1642-1727) ganhou grande destaque por conseguir relacionar os aspectos experimentais com os matemáticos. Ele desenvolveu a mecânica clássica e os princípios matemáticos que necessitaram para sua abordagem. A mecânica newtoniana foi utilizada para explicar os fenômenos físicos, químicos e todos os fenômenos naturais (MARR, 2008).

Newton buscou utilizar as ideias corpusculares para explicar os fenômenos ocorridos em escala microscópica. Acreditava na hipótese de que, como nos planetas existia uma força entre eles, também poderia existir uma força entre duas partículas. A base de sua teoria era explicar as interações entre as partículas e as propriedades dos materiais, utilizando suas leis universais para o movimento dos corpos. Similar à teoria corpuscular de Boyle, Newton também acreditava na hipótese de transmutação de matéria sobre a constituição de corpos. As últimas partículas da matéria seriam comuns e encontradas em diferentes substâncias, como o ouro e a prata que falaremos mais adiante.

Segundo Viana (2007), Newton supõe que os gases seriam formados por partículas que encontravam dificuldade quando ficavam juntas e eram obrigadas a ocupar um ambiente menor. Newton assume que a força de repulsão entre as partículas seria proporcional a sua distância, considerada como uma força de pequeno alcance.

No modelo newtoniano as partículas encontram-se estáticas, ocorrendo movimentos apenas quando parâmetros são alterados. Desta forma, o posicionamento relativo das partículas não sofreriam alterações, o que mudaria era apenas a distância entre as partículas. Neste sentido, os três estados físicos da matéria dependeriam da posição relativa das partículas: no estado sólido as partículas estariam mais próximas quando comparadas ao estado líquido, e por conseguinte o estado líquido mais próximo do que no estado gasoso (VIANA, 2007).

No século XVIII a ciência foi fortemente influenciada pelas obras de Boyle e Newton no desenvolvimento do corpuscularismo, por muitos chamados de atomismo. Com a proposta newtoniana, o ar liberado através da fermentação ou pelo calor dos corpos que os químicos denominam como fixos, é composto por partículas que se repelem de forma mútua.

Para os físicos e químicos ingleses, o ar é a principal maneira para caracterizar as forças repulsivas, principalmente porque que as leis do movimento são silenciosas (BENSAUDE-VINCENT: STENGERS, 1992).

Robert Boyle também havia realizado vários experimentos com o ar atmosférico e

também com outros ares. Esses ares desconhecidos e considerados artificiais eram resultados da putrefação de frutas e vegetais e também da dissolução de metais em meio ácido. Porém as diferenças observadas por Boyle a respeito dos ares e ar atmosférico estavam relacionadas a uma espécie de eflúvios, que seriam formados por partículas com diferentes propriedades. Já a elasticidade dos diferentes ares estava relacionada às partículas de ar.

As ideias de Boyle, retratadas anteriormente, não foram muito aceitas pelos químicos na época, devido à existência de um princípio constituinte da matéria chamado de flogisto. O flogisto era considerado pelos pneumanicistas como responsável pelas propriedades de combustão dos materiais. Este princípio comum e inflamável estava presente apenas em alguns materiais. Se o material não queimasse, é porque ele não tinha flogístico em sua composição.

Esta teoria foi retratada no Tratado do Enxofre elaborada por George Ernst Stahl (1659/60-1734), que se interessava pelos estudos da composição e transformação da matéria, principalmente os metais (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016). Stahl acreditava que o trabalho do químico estava atribuído a decompor os materiais e princípios elementares, além de fazer todo este processo novamente mais de forma inversa, ou seja, recompô-los a partir destes princípios.

Os ensinamentos de Johan Joachin Becher (1635-1682) foram fundamentais para Stahl estudar a composição da matéria. Becher acreditava na ideia da transmutação, elaborando uma fórmula detalhada para alcançar a pedra filosofal. Além disso, suas ideias foram usadas como base para a teoria do flogisto de Stahl. Para explicar a diversidade dos corpos, acreditava na existência de um princípio elementar chamada terra, que era encontrada sob três formas distintas:

- 1- Primeira terra ou terra vítrea;
- 2- Segunda terra ou terra gordurosa
- 3- Terceira terra ou terra fluida

Estas três formas apresentavam características distintas e propriedades específicas evidenciadas nos corpos que faziam parte. Becher acreditava que as três terras formariam os metais e as rochas subterrâneas.

A segunda terra ou terra gordurosa merece a nossa atenção, pois foi a ela que Stahl comumente se referia como flogístico, devido a sua propriedade de atribuir a combustibilidade aos materiais do qual fazia parte, sendo liberto ao longo do processo de queima (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

As ideias de Stahl sobre o flogisto foram incorporadas aos princípios da formação de

corpos, formados principalmente por água e terra. O ar, porém não estava inserido nesta categoria, pois não tinha capacidade de se misturar com os outros dois princípios.

Como o ar era fundamental para ocorrer alguns fenômenos como os de queima se pensavam que o ar era um receptor para o flogisto. Quando a queima de algum material parava, se justificavam alegando que o ar não tinha mais capacidade de absorver o flogisto.

Os chamados químicos pneumáticos incorporaram as ideias de Stahl sobre o flogisto, realizando inúmeros experimentos sobre a composição do ar atmosférico e outros ares desconhecidos como no caso de Stephen Hales, Joseph Black, Joseph Priestley e Henry Cavendish.

Stephen Hales (1677-1761) que foi seguidor de Boyle acreditava que as diferenças entre os vários ares estavam relacionadas as impurezas que penetravam no ar. Para Hales o ar seria uma espécie de cimento que deixava as partículas dos corpos unidas no local em que faziam parte. Era uma ideia muito importante na medida em que abriria caminho para admitir que o ar fosse um dos componentes da matéria (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Joseph Black (1728-1799) foi um dos que se interessaram pelos estudos sobre a matéria. Em um de seus estudos sobre materiais alcalinos, Black isolou um ar que acreditava de início que seria o ar atmosférico em conjunto com seu material estudado. Após algumas análises Black verificou que era diferente do ar atmosférico, pois não mantinha a chama acessa e era inadequada a vida de animais pequenos. Este novo ar, foi chamado por Black de ar fixo e considerado pelos cientistas como flogísto. Ele aponta que o ar fixo deveria ser o produto resultante da transformação de algum material que fazia parte dos corpos, que o chamaram de princípio inflamável.

Os cientistas acreditavam que apenas existia um ar atmosférico genérico, Black com seus experimentos mostra que se o ar fosse um elemento, ele não seria único. Outra contribuição importante foi demonstrar que o ar fixo era constituinte do objeto que foi estudado (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Black com suas análises, abre espaço para a descoberta de outros ares, como foi o caso de Joseph Priestley (1733-1804) que utilizando os trabalhos de Hales e Black procurava retirar ares dos materiais sólidos. Priestley ao aquecer uma cal vermelha obtém, em 1774 um ar que apresentava propriedades singulares. Através de alguns testes, foi evidenciado que esse ar era insolúvel em água e na presença de uma brasa avivava o fogo. Foi constatado que este ar era completamente puro, considerado por ele cinco vezes mais puro comparado ao ar comum. Como este ar apresentava menos flogístico e matinha os animais pequenos e vivos, Priestley o chamou de ar desflogisticado.

Em pouco tempo foi surgindo uma diversidade de ares que eram obtidos de materiais sólidos, indagando a ideia de que só haveria uma espécie de ar. A corrida científica foi direcionada a identificar novas espécies de ares. Henry Cavendish (1731-1810) estava entre os cientistas que buscavam identificar novos ares. Ele, realizando experimentos utilizando ácidos diluídos sobre os metais, obtém um ar que tinha propriedade inflamável. Assim surgiu mais um material flogístico atribuído como puro, por apresentar grande propriedade inflamável, sendo aceito pela maioria dos cientistas da sua época. Cavendish ao realizar experimentos descobriu que todo ar com propriedades inflamáveis e também o ar atmosférico perdiam sua capacidade de elasticidade quando eram condensados em algo úmido, similar a água. Esse processo foi observado em um aparelho inventado por ele.

Quando misturava os ares, ocorria uma explosão provinda desta mistura resultando uma faísca elétrica. Usando o ar desflogisticado de Priestley substituindo o ar atmosférico, ele observa que havia ocorrido uma diminuição ainda maior no volume dos ares, produzindo água. Segundo Alfonso-Goldfarb et al., (2016) Cavendish não pensava que estaria acontecendo uma reação química, ele apenas se justificava argumentando que os elementos se combinavam:

Ele explicava a transformação considerando o “ar inflamável” como flogístico quase puro, ou ainda, como uma combinação de flogístico e água e considerando como o “ar desflogisticado” como água desprovida do flogístico (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016, p. 90)

Os experimentos de Cavendish foram de grande importância para o desenvolvimento da química, além de descobrir novas propriedades quando se misturava as diversas espécies de ares.

As notícias sobre as novas espécies de ares atravessaram o Canal da Mancha, até chegar à França, despertando o interesse dos franceses (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Foi na França que surgiu o fundador da Química Moderna, Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) que é considerado como um dos mais importantes químicos da história. Lavoisier era apaixonado pela química, não tinha como objetivo substituir a teoria do flogístico por outro corpo teórico, apenas queria corrigir suas diversidades (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016). Ele tinha em mente todos os trabalhos de Hales, Black e Priestley e todos seus experimentos realizados. Mas não se convenciu das explicações dadas para o aumento de peso em certos materiais durante a queima e não aceitava a ideia de que o ar era apenas um meio mecânico no qual ocorriam alguns processos químicos. Lavoisier estava

prestes a rejeitar a teoria do Flogisto, mas faltavam evidências.

Assim como Hales, Lavoisier admitia que o ar era um cimento de partículas. Deste ponto em diante passou a estudar qual era o papel do ar nos processos químicos. Em seus experimentos, se preocupava em verificar como o ar estaria fixado nos metais. Ao reproduzir os experimentos de Priestley sobre “ar totalmente puro”, passa a considerar que o ar fixo proposto por Black não fazia parte dos materiais.

Reproduzindo os experimentos de Black, Lavoisier conclui que o ar puro apontado por Priestley combinava-se com os metais durante o processo de calcinação, formando a cal e afirma que o ar fixo era na verdade a combinação do ar puro com as impurezas do carvão.

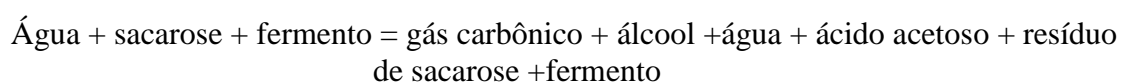
A partir da divulgação destes estudos, o flogisto não tem mais espaço nas explicações dos processos de queima e revificação de materiais. Lavoisier parte então do ar eminentemente respirável para reinterpretar todos os processos que envolviam a combustão. Como este ar eminentemente respirável seria constituinte de todos os ácidos, resolve atribuir o nome de oxigênio que em grego significa formador de ácido (ALFONSO- et al., 2016).

Para Marr (2008) a extensa obra de Lavoisier é encarada como uma Revolução química. Inovou com a teoria do oxigênio, além de fazer experimentos envolvendo a combustão do diamante, CO₂, combustão do fósforo, enxofre, aquecimento de metais. Publicou em seu livro o tratado elementar da química que expõe sua teoria atômica, produtos químicos desconhecidos, aparelhos e métodos de equipamentos. Além destas contribuições Lavoisier propõe 33 elementos através de métodos analíticos (MARR, 2008).

Sua afirmação sobre a conservação de massa, chamada de Lei de Lavoisier é a mais conhecida. Porém esta ideia não foi inovadora. Quando os pré-socráticos diziam que a matéria é eterna e indestrutível estavam se referindo a conservação de massa, como é descrita no poema de Lucrécio:

Nada pode ser criado do nada e que nada do que surgiu pode voltar ao nada, nem ser de matéria imperecível os elementos a que tem, no fim de tudo, de voltar a matéria imperecível os elementos a que tem, no fim de tudo, de voltar a matéria para que possa bastar à renovação das coisas” (MARR, 2008, p.784).

O que Lavoisier traz como inovadora é a comprovação experimental destes postulados, obtida através de uma reação de fermentação como, por exemplo:



Lavoisier faz uma análise dos produtos iniciais e finais envolvidos nesta reação e constata a conservação final de massa de diversos elementos, mais conhecida como lei de Lavoisier: Nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.

Com suas descobertas Lavoisier consegue banir da química três princípios elementares: a terra, a água e o flogisto, até o momento para admitir composição da matéria e suas transformações eram admitidos estes três constituintes (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Lavoisier faz uma revolução na química, admite o ar como um componente da matéria além de propor uma nova definição para elemento. Ele passa a admitir que elemento fosse todo material obtido no ponto final de uma análise química propondo uma definição operacional para os elementos. As ideias de Lavoisier e seus colaboradores inserem na química uma nova maneira de pensar na composição da matéria e suas transformações.

As definições novas de elemento químico conduziram os químicos a trabalhar na hipótese de existir um grande número de elementos. A quantificação de massa envolvida nas transformações conduziu a uma nova descoberta essencial, a de uma nova teoria atômica (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Como veremos adiante, quando Dalton dá início a seus estudos sobre os gases, ele tem conhecimento da maioria dos trabalhos científicos publicados anteriormente como mostra à Figura 2, apresentada na página 49.

Desde a Grécia antiga, as negações das ideias atômicas principalmente por Aristóteles fizeram que o atomismo fosse visto como algo inaceitável.

Com Descartes e Gassendi ambos mecanicistas, o atomismo foi ganhando força dentro da comunidade científica, entre grandes figuras como Boyle e Newton.

Por outro lado, os Aristotélicos negavam a aceitação do vazio, postulando novas teorias para a composição da matéria, como a teoria Enxofre-Mercurio de Jabir, Tria Prima de Paracelso, Terras pinguis de Becher, e a grande teoria do Flogisto de Stahl.

A teoria do Flogisto só foi modificada graças aos estudos dos químicos pneumáticos até ser derrubada por Lavoisier. As correntes atomistas e aristotélicos acabaram se unificando em Dalton, que utiliza conceitos derivados dessas duas correntes, que até então eram vistas como opostas.



Figura 2: Mapa conceitual.
Fonte: Autoria própria.

5.2 JOHN DALTON E A PROPOSIÇÃO DO MODELO ATÔMICO CORPUSCULAR

A obra de John Dalton (1766- 1844) é um marco para a história da química. Este nasceu em 6 de dezembro de 1766 na aldeia de Eaglesfield , em Cumberland , a região mais ao norte da Inglaterra, sendo um dos 6 filhos de Joseph e Deborah Dalton. Seu pai era tecelão e agricultor, pertencia assim como seu o filho (Dalton) a comunidade religiosa quakers (grupo religioso com origem no movimento protestante britânico do século XVII), o que explica a simplicidade e vida espartana do pai da teoria atômica (MARR, 2011).

Dalton realizou seus primeiros estudos na escola da aldeia, realizando em 1777 o curso de navegação e mensuração. Já em 1778 a 1780 lecionou em uma escola quakers em Cumberland, e depois em Kendal com seu irmão, passando suas horas de lazer estudando latim, grego, francês, matemática e filosofia natural (MARR, 2011).

Suas aulas eram consideradas cansativas e, como não é de surpreender, tinha problemas de disciplina com alunos mais velhos que ele próprio. Poucos eram sensíveis o bastante para perceber seu entusiasmo que, uma vez despertado, tornava-se obsessivo.

Dalton começa a estudar meteorologia, quem imaginava que aquele menino pálido e desengonçado tornou-se obcecado por registrar os mínimos detalhes do tempo a cada dia. Apesar de ser cego para cores, seu interesse em fenômenos meteorológicos o levou a descrever a aurora boreal (STRATHERN, 2002).

Em 1793 mudou-se para Manchester para lecionar Matemática e Filosofia Natural no New College a pedido de seu amigo, o filósofo John Gough (1757-1825).

Um ano após sua chegada em Manchester, Dalton começou a lecionar química, principalmente utilizando como referência o livro texto *Elements of Chemistry* – tradução inglesa do tratado de Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794).

Conforme Viana (2007), quando Dalton começa a ensinar química, ele tem a necessidade de estudar e compreender profundamente o trabalho de Lavoisier. Esses conhecimentos adquiridos serão de grande importância para a consolidação de sua teoria atômica.

Em 1794 tornou-se associado da Manchester Literary and Philosophical Society, entidade fundada em 1781 pelo médico e aluno de Joseph Blake, Thomas Percival (1740-1804), sociedade atuante até os dias de hoje.

Na Manchester Literary and Philosophical Society, Dalton foi secretário de 1800-1816, e presidente de 1817 a 1844, apresentando cerca de 116 trabalhos científicos publicados no periódico *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, fundado em

1785 e ainda hoje publicados.

A sede da sociedade foi destruída em dezembro de 1840 nos bombardeios a Manchester, destruindo grande parte dos escritos e instrumentos científicos de Dalton.

Considerado um grande pesquisador, Dalton foi um hábil formulador, realizando uma variedade de pesquisas e estudos. Sua precisão de dados empíricos derrubou a falsa ideia de que não teria sido um bom químico.

Em assuntos científicos era Autodidata, recebendo no fim da vida o título doutor honoris causa, das universidades de Oxford e Edimburgo.

Dalton permaneceu solteiro, assim como Joseph Black, mesmo se encantando por mulheres de espírito superior. Foi membro da Royal Society e das academias de Berlim, Paris e Munique.

Recebeu homenagem por uma estátua de mármore do escultor Sir Francis Chantrey (1781-1841) para a Manchester Society, hoje na prefeitura de Manchester. Outra homenagem que recebeu foi um painel feito por Ford Maddox Brown (1821- 1893) retratando Dalton coletando gás dos pântanos no Lake District conforme mostra a Figura 3.

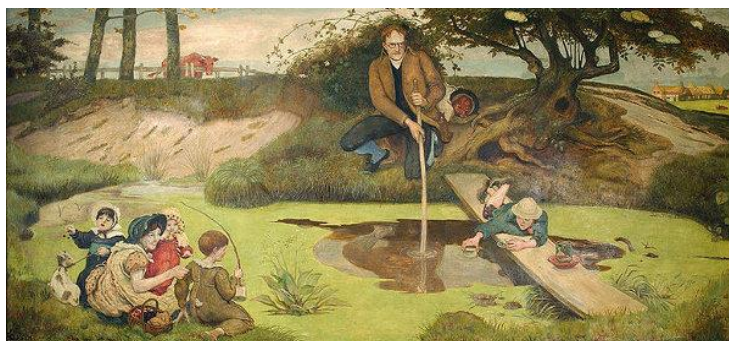


Figura 3: Dalton coletando Gás no pântano.
Fonte: <https://iamachild.wordpress.com/tag/john-kay/>.

Dalton sofreu de paralisia em 1837 e 1838, morrendo em Manchester em 27 de julho de 1844 aos 77 anos. Seu enterro reuniu cerca de 40.000 pessoas, homenagem até então que nenhum cientista havia recebido. Os materiais de pesquisas de Dalton foram confiados a W.C. Henry, e este os doou a Manchester Society.

Antes de verificarmos o caminho percorrido por Dalton para seu atomismo, temos que retratar que a origem de sua teoria atômica quantitativa é muito contraditória e de grande discussão por parte dos historiadores, pois contém várias versões.

Podemos destacar dois aspectos para esse fato: o primeiro deles é que Dalton apresentou sua teoria de maneira não cronológica, apresentando suas próprias reflexões referentes ao processo de elaboração de seu atomismo. O segundo é que os historiadores encontram grande dificuldade para a fonte da teoria atômica de Dalton, pois cerca de 75% de

seus trabalhos foram destruídos durante a segunda guerra mundial, principalmente em seu depósito situado na Literary and Philosophical Society em Manchester.

Viana (2007) apresenta uma síntese das diversas versões para a teoria atômica de Dalton, destacando o trabalho do historiador Leonard Nash que faz uma análise das principais versões, além dos trabalhos de Cole Jr e Rocke. Essas versões contêm pensadores contemporâneos de Dalton e também alguns historiadores da Ciência que fizeram suas análises deste fato.

A primeira versão a ser retratada é a de Thomas Thomson que foi o primeiro a divulgar a teoria de Dalton. Thomson acreditava que Dalton teria chegado a sua teoria através das leis das proporções múltiplas, resultante das observações estudando o metano e etileno. Porém para o historiador Nash, essas análises só foram feitas em 1804, um ano após os primeiros valores de massas atômicas relativas (VIANA, 2007).

A segunda versão apresentada é do amigo e cientista William Henry que acreditava que a origem de sua teoria foi quando Dalton estudou a tabela de equivalentes de Richter⁴. Mas segundo aponta Nash esta versão é equivocada, pois Dalton só teve contato com esta tabela anos depois da divulgação de sua teoria.

Outra versão apresentada na obra de Viana (2007) é a dos historiadores Roscoe e Hardem que em 1896 foram os primeiros a analisarem sistematicamente os cadernos de anotações do próprio Dalton. Nesta análise, os historiadores concluem que Dalton chegou a sua teoria atômica através da elaboração da segunda teoria das misturas gasosas, tendo como base as citações do próprio Dalton que afirmou que suas ideias teriam ocorrido em 1805, quando o mesmo percebeu que as partículas apresentavam diferentes tamanhos e pesos (VIANA, 2007).

No entanto Roscoe e Hardem argumentam que a data da publicação da tabela de massas de atômicas encontradas nos cadernos de Dalton estaria errada, Dalton anota a data de 1803 ao invés de 1805 equivocadamente.

Para o Historiador Meldrum, os estudos de Dalton sobre as reações de óxido nítrico com o oxigênio fizeram com que Dalton aplicasse sua teoria atômica influenciada pelas ideias de Newton. Estes experimentos teriam ocorrido em agosto de 1803, levando Dalton a propor sua lei das proporções múltiplas, considera por ele como um passo fundamental para a elaboração de seu atomismo (VIANA, 2007).

⁴ Relação de equivalentes em massa, proposta inicialmente como a quantidade de ácido necessária para neutralizar completamente uma determinada massa de uma base

Porém Nash aponta que a versão de Meldrum é completamente inconsistente com os dados que o próprio Dalton fez sobre sua teoria. Já pra Nash a teoria atômica de Dalton estava diretamente relacionada com o estudo feito por Dalton para explicar as diferentes solubilidades dos gases em água. Desta forma sua teoria não foi aplicada primeiramente para explicar as diferentes solubilidades, mais sim desenvolvida com o objetivo de responder este problema (VIANA, 2007).

Contudo para o historiador Cole Jr, os erros cronológicos entre a data da construção da primeira tabela de massas atômicas relativas e a aplicação destes valores para resolver a questão de solubilidade dos gases foram contra a hipótese de Nash.

O historiador Roche apresenta seis fatores que contribuíram para a origem de sua teoria. A primeira delas seria que sua teoria foi derivada de uma elaboração a priori, partindo das interpretações de Dalton das ideias de Newton sobre partículas. As outras hipóteses afirmam que teriam sido induzidas a partir da lei das proporções múltiplas, ou deduzidas através da equação de Richter.

Roche afirma que Dalton sempre pensou em termos atômicos, encontrando evidências de sua existência em todos os seus trabalhos. Assim, ocorreram vários aspectos teóricos, e experimentais no momento da criação de sua teoria atômica (VIANA, 2007).

Viana (2007) após fazer uma série de análises sobre as versões apresentadas acima acredita que o ponto de partida para o desenvolvimento da teoria atômica de Dalton foi o estudo de solubilidade dos gases, levando Dalton a estabelecer relações epistemológicas com seus conhecimentos prévios (corpúscularismo e a composição de massa dos gases).

Para Marr (2011) os pensamentos newtonianos juntamente com as ideias do atomismo da Grécia antiga influenciaram Dalton durante suas experiências sobre os gases sendo consequência dedutiva sua Teoria Atômica.

Bensaude-Vincent e Stengers (1992) concluem que para explicar as diferenças de solubilidades dos gases foi que Dalton começou a utilizar as noções de tamanho e peso, a origem de sua teoria. Porém o átomo de Dalton não é uma consequência dos pensamentos atomistas gregos, nem dos corpúsculos newtonianos. Sua teoria foi inventada em outro contexto para depois ser explorada.

Auffray (1997) afirma que Dalton inicialmente se interessou pelos fenômenos metrológicos e depois pelas misturas gasosas com o objetivo de estudar a absorção da água pelo Ar. A partir deste estudo chega à noção de átomos que se atraem e repelem segundo as leis de Newton atribuindo peso para diferenciar os gases.

Filgueiras (2004) apresenta que o germe da teoria de Dalton foi o estudo da

dissolução dos gases em água juntamente com o problema de determinar o peso relativo de diferentes gases, um em relação ao outro, considerando a lei das pressões parciais como um importante indício para a diferença de massa entre os gases.

Kragh (2001) ao fazer uma análise nas diversas versões para a origem da teoria atômica de Dalton chega à conclusão que a evolução de seus trabalhos com gases o levou a sua hipótese atômica.

Após analisar os trabalhos de Viana, Marr, Bensaude-Vincent e Stengers, Auffray, Filgueiras e Kragh acreditamos que Dalton influenciado pelas ideias de Newton, através de seus estudos sobre a solubilidade dos gases chegou a sua teoria atômica.

No final do século XVIII, já era conhecida a composição da atmosfera por alguns constituintes: o gás nitrogênio (maior quantidade), gás oxigênio, gás carbônico e vapor de água (VIANA; PORTO, 2007).

Dalton tinha grande interesse por fenômenos atmosféricos, fato que acabou conduzindo-o a uma série de perguntas sobre a composição da atmosfera. Porém uma questão estava presente dentro da comunidade científica: os fluidos gasosos estariam combinados quimicamente na atmosfera ou eles se encontravam misturados? Outro aspecto que não estava claro por parte dos cientistas era sobre a hipótese da atmosfera ser uma mistura. Questionavam-se por que os gases não se separavam em camadas conforme sua densidade?

Os questionamentos de Dalton é um grande exemplo de que na maioria das vezes a ciência avança não a partir de experimentos, mais sim de ideias concebidas previamente pelos cientistas e só depois testadas experimentalmente (FILGUEIRAS, 2004).

Mediante estas questões, Dalton procurou solucionar os problemas utilizando os conceitos corpusculares de Newton que a seu ver eram mais apropriados com sua realidade.

A ciência do Século XVIII foi fortemente influenciada pela obra de Newton, sendo divulgada principalmente por livros textos e outros materiais populares daquela época. Através de livros destinados a sua divulgação, Dalton teve seus primeiros contatos com as ideias do grande filósofo natural Isaac Newton (VIANA; PORTO, 2007).

Para Newton a matéria seria formada por diferentes partículas organizadas de forma prioritária entre os elementos chamada de “ultimate particles”, consideradas as menores partículas da matéria. Esse conjunto de partículas menores formariam a “first composition particles”, sendo responsáveis pelas características macroscópicas dos corpos conforme mostra a Figura 4, apresentada na página 55.

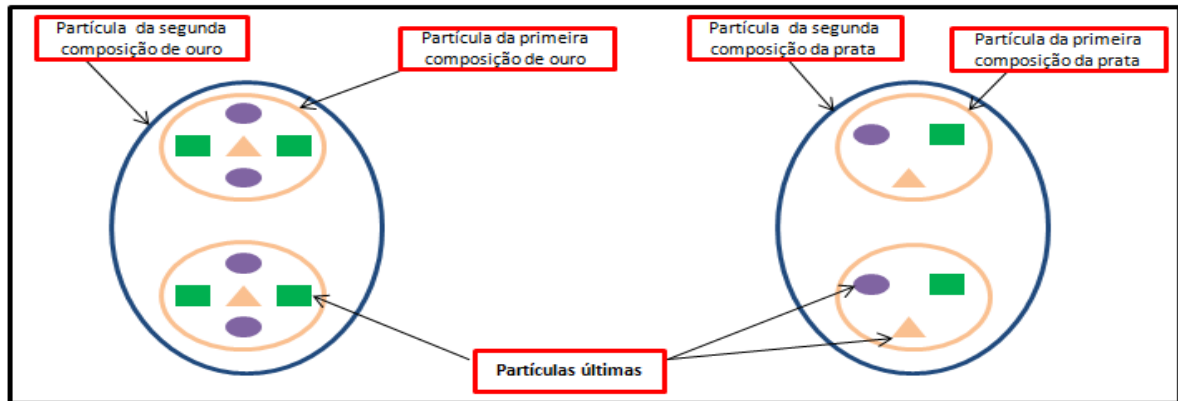


Figura 4: Estrutura dos corpúsculos de ouro e prata segundo a concepção de Newton.
Fonte: THACKRAY, 1970 apud VIANA:PORTO, 2007, p.5.

Essa visão de partículas organizadas da matéria foi inspirada nas ideias de Robert Boyle. Boyle uniu as concepções provindas do atomismo grego sobre a matéria ser constituída de partículas indivisíveis (chamamos de átomos), com as ideias aristotélicas da conservação da matéria como um todo, conhecida como *minima naturalia*. Essa junção de ideias resultou em uma teoria corpuscular com propriedades especiais (VIANA; PORTO, 2007).

No contexto de Newton acreditava-se na existência de um único fluido gasoso, chamado de ar comum, era considerado como um elemento por apresentar como característica a homogeneidade.

Com o passar dos anos ao longo do século XVIII os químicos pneumanicistas descobriram que a atmosfera era constituída por vários tipos de ares, surgindo à necessidade de propor novos modelos para explicar esta variedade (VIANA; PORTO, 2007).

Dalton procurava entender como a atmosfera poderia ser constituída por vários gases e conter diferentes densidades e aspecto homogêneo. Sua primeira explicação formulada para este fato foi considerada como uma variação elegante do modelo de Newton (VIANA; PORTO, 2007).

Newton em suas obras *Opticks* questão 31 e Livro 2, dos *Principia*- proposição 23^o afirma que cada gás se comporta como um fluido elástico newtoniano, agindo como se os demais gases não estivessem na mistura. Dalton então tem uma livre interpretação deste enunciado. Ele descreve seu modelo influenciado pelas ideias de Newton afirmando que: quando dois fluidos elásticos são denotados por partículas chamadas de A e B misturadas não existe repulsão entre as partículas de forma mútua, ou seja, as partículas provindas de A não se afastam com as partículas de B, fato que não ocorre se estivessem apenas entre a mesma espécie (VIANA; PORTO, 2007).

As afirmações destacadas acima correspondem à primeira teoria das misturas gasosas propostas por Dalton.

Conforme destaca Viana e Porto (2007), para a historiadora Márcia Ferraz as características desta teoria resultaram em duas consequências. A primeira delas é que cada espécie de gás se comportava como se fosse o único do recipiente, colaborando na pressão total verificada em condições adequadas de temperatura, levando em conta nas misturas gasosas a influência do calor. Assim a pressão totalitária seria resultante das contribuições de cada tipo de gás. A segunda consequência faz com que Dalton admitisse que o número de partículas para cada tipo de gás presente na mistura é proporcional à pressão parcial (VIANA; PORTO, 2007).

Com base na sua teoria das misturas gasosas, Dalton passou a explicar o fato de o aumento da quantidade de um dos componentes em uma mistura gasosa não influenciar qualquer efeito sobre a pressão de outro. Estes enunciados formulados por Dalton ficaram conhecidos como a lei de Dalton das pressões parciais.

Segundo Marr (2011) a partir dos estudos da lei das pressões parciais foi evidenciada a possibilidade da difusão dos gases. Os gases presentes na atmosfera formariam camadas, sendo o oxigênio perto do solo, o vapor de água nas altas camadas e na camada intermediária estaria o nitrogênio, conforme as ordens de suas densidades (MARR, 2011).

A lei das pressões parciais já expõe uma noção bem nítida das concepções atômicas de Dalton. Segundo esta lei cada um dos gases presentes na atmosfera apresentaria uma pressão parcial igual a que se comportaria se estivesse sozinho, ou seja, se não estivesse em uma mistura gasosa (VIANA; PORTO, 2007).

Este estudo inicial de Dalton a respeito das misturas de gases ficou conhecido como a primeira teoria das misturas gasosas, permitindo explicar a maneira que os gases estariam organizados em uma atmosfera com diversos gases conforme mostra a Figura 5, apresentada na página 57.

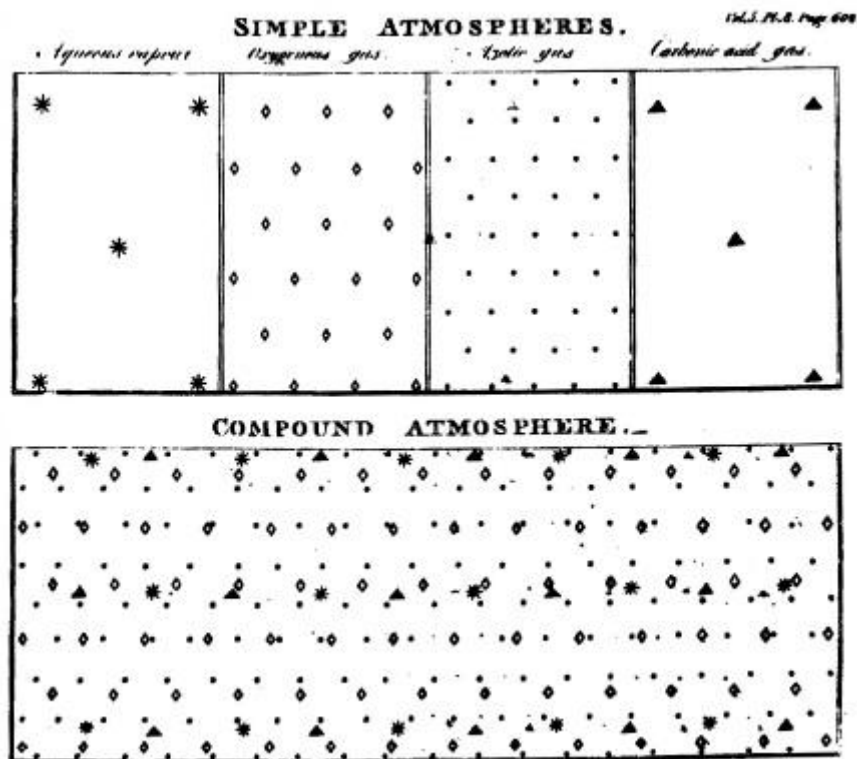


Figura 5: Representação de Dalton para a constituição atômica da atmosfera terrestre de acordo com sua primeira teoria das misturas gasosas.

Fonte: THACKRAY, 1970 apud VIANA; PORTO, 2007, p.6.

Conforme prega este modelo de Dalton, os átomos iguais não poderiam ficar próximos, pois se repeliam. Os átomos diferentes não notavam qualquer efeito uns sobre os outros. Outra observação que podemos fazer é que volumes que apresentam ser iguais possuem número diferentes de partículas. Desta forma, por exemplo, o gás nitrogênio conhecido como azoto e apontado pelos cientistas como o de maior volume na atmosfera terrestre continha uma quantidade superior de átomos comparada a um determinado volume de gás carbônico. (VIANA; PORTO, 2007).

Esta teoria das misturas gasosas de Dalton enfrentou diversa críticas por parte dos filósofos da época, como no caso do ex-professor de Dalton John Gough que criticava a aleatoriedade de seus princípios.

Contudo esta primeira teoria das misturas gasosas, permitiu que o amigo de Dalton William Henry (1774-1836) compreendesse a relação entre a pressão exercida por um gás e sua solubilidade em um líquido, esta lei conhecida como lei de Henry afirmava que em uma determinada temperatura, a massa de gás absorvido pela água é diretamente proporcional à pressão. Esta lei teve grande importância para Dalton propor sua teoria atômica como veremos a seguir.

O debate sobre o comportamento dos gases era presente na Inglaterra no final do século XVIII, pois naquele local era uma tradição devido aos estudos pioneiros de Boyle e Stephen Hales acerca dos gases.

Os trabalhos com gases dos químicos pneumaticistas como Joseph Black (1728-1799), Joseph Priestley (1733-1804) e Henry Cavendish (1731-1810) tinha grande importância naquele período, tendo William Henry contato com diversos trabalhos sobre gases (VIANA; PORTO, 2007).

William Henry praticava os estudos e ensaios presentes no tratado elementar de Química de Lavoisier. Entre os anos 1802 e 1803, Henry e Dalton se dedicavam exclusivamente aos estudos com gases praticando experimentos sobre as solubilidades dos gases em água.

Henry se ocupava em estudar a produção de água gaseificada, pois tinha uma indústria química em sua família. Já Dalton investigava as solubilidades dos gases de acordo com a sua primeira teoria de misturas gasosas. Neste período Dalton através das observações de seus experimentos e especulações da época escreveu:

Anteriormente à publicação da chamada lei de Henry em 1802, eu estava enganado em uma investigação da quantidade de ácido carbônico na atmosfera. Foi motivo de surpresa para mim que a água de cal pudesse indicar tão facilmente a presença de ácido carbônico no ar, enquanto que a água pura, exposta por qualquer extensão de tempo, não fornecesse nenhum traço daquele ácido. Eu acreditava que a extensão de tempo pudesse compensar a fraqueza de afinidade. Ao investigar o assunto, eu encontrei que a quantidade deste ácido, tomada pela água, seria maior ou menor proporcionalmente à sua maior ou menor densidade na mistura gasosa jazendo sobre a superfície, e portanto deixei de me surpreender com o fato de a água absorver uma porção tão imperceptível da atmosfera... (DALTON, 1964, p.141 apud VIANA; PORTO, 2007, p.7).

Dalton e Henry teriam estudado inicialmente a solubilidade do gás carbônico em água, pois até então era o único gás cuja solubilidade em água havia sido estudada. A água gaseificada efervescida, por exemplo, já havia sido estudada por Priestley. (VIANA; PORTO, 2007).

Henry para encontrar os valores das solubilidades utilizou um equipamento contendo o gás a ser analisado e mercúrio conforme descreve Viana e Porto (2007) e ilustra a Figura 6, apresentada na página 59.

O tubo graduado (A) admite uma determinada quantidade de água e do gás a ser analisado. Com as válvulas (a) e (b) fechadas o tubo (A) é agitado de forma que o nível do mercúrio presente em (B) sofra uma diminuição (o mercúrio se desloca em direção a C). Dessa maneira, a variação do nível da coluna de mercúrio indica a respectiva diminuição da pressão interna do gás originada pela solubilidade em água

(VIANA; PORTO, 2007, p.7).

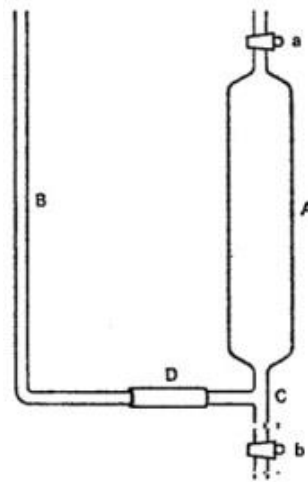


Figura 6: Aparelhagem utilizada por Henry para medir a solubilidade dos gases em água.
Fonte: FARRAR, 1974 apud VIANA; PORTO, 2007, p.7.

Desta maneira, quanto maior for à solubilidade de um gás qualquer em água, maior será a diminuição da sua pressão interna e por decorrência será maior a variação do nível de mercúrio contido na coluna.

Como consequência das determinações de solubilidade de gás carbônico em água, foi constatada por Henry uma enorme diferença das quantidades desse gás absorvidas por água quando se mantinha a pressão e temperatura constantes. A explicação desta grande variação foi encontrada apenas por Dalton.

Henry afirmava que as causas das variações eram desconhecidas por ele, até que Dalton sugere que as variações certamente eram dependentes das quantidades de resíduos de gás que não foram dissolvidos. Henry ao repetir seus experimentos utilizando diferentes proporções entre o gás e a água, confirma então a hipótese sugerida por Dalton (VIANA; PORTO, 2007).

Os efeitos das variações presenciadas por Henry só ocorreram porque o gás carbônico não era extremamente puro, caso contrário não teria variações. Porém as técnicas utilizadas por ele não possibilitavam a preparação de gases muito puros, deste modo à exata solubilidade do gás carbônico só poderia ser descoberto utilizando as análises dos gases misturados e mediante a aplicação da lei das pressões parciais de Dalton.

Após suas análises, Henry concluiu que a solubilidade dos gases em água seria um fenômeno de caráter mecânico, no qual a quantidade de gás absorvida seria proporcional à densidade do gás, levando em consideração somente o gás em questão, sem considerar influência de outros gases caso estivessem misturados.

Henry agora se mostra totalmente adepto à primeira teoria das misturas gasosas (pois inicialmente era contrário) conforme afirma Dalton:

O Dr. Henry se convenceu de que não havia sistemas de fluidos elásticos que dessem uma solução tão simples, fácil e compreensível como a que eu adotei, a saber: que cada gás, em qualquer mistura, exerce uma pressão distinta, a qual permanece a mesma se os demais gases forem retirados (DALTON, 1964, p.141 apud VIANA; PORTO, 2007, p.7)

Neste sentido, a forma utilizada por Henry para explicar o comportamento de cada componente da mistura gasosa é orientado somente por sua pressão, não levando em conta a quantidade de outros componentes, assumindo a validade da primeira teoria das misturas gasosas de Dalton.

Abrangendo sua pesquisa para outros gases, Henry descobriu que em determinada temperatura a massa de gás que era absorvida pela água era diretamente proporcional a sua pressão parcial, este enunciado ficou conhecido como lei de Henry.

A importância da lei de Henry foi rapidamente reconhecida por Dalton, que a relacionou com sua primeira lei das misturas gasosas juntamente com um modelo mecânico de dissolução de um gás em água.

Segundo Viana (2007) Dalton no início de 1803 estudava sobre o arranjo das partículas de gás dissolvido na superfície de água. Ele estava prestes a criar um modelo de um gás dissolvido em água fundamentado nas características mecânicas das partículas que estariam agrupadas e próximas umas das outras.

Quando Dalton considera a solubilidade como um fenômeno de caráter mecânico, a solubilidade dos gases passa a ser dependente apenas da natureza dos gases dissolvidos e da sua pressão, assim os gases se difundiriam pelos poros da água (VIANA, 2007). Nos meses de Abril a Junho de 1803, Dalton foca seus estudos para os fenômenos de calor, expansão da água, expansão de água em diversos recipientes. Já em meados de Julho Dalton retoma seus estudos sobre a solubilidade dos gases nitrogênio, hidrogênio, oxigênio, óxido nítrico e gás carbônico.

Durante a maior parte do ano de 1803, Dalton se concentrou em conciliar o fenômeno da solubilidade dos gases em água com um sistema mecânico, que era fundamentado na teoria atomista inspirada pelas concepções newtonianas que ele acreditava existir (VIANA, 2007).

Expondo seu trabalho sobre solubilidade dos gases publicado em 1805 denominado “On the Absorption of Gases by Water and Other Liquids”, Dalton procura classificar a

solubilidade dos gases de acordo com suas frações de solubilidade (Quadro 2, apresentado na página 61) feitas a partir de uma brilhante relação matemática.

Se uma quantidade de água, livre de ar, for agitada em presença de qualquer tipo de gás que não se una quimicamente com a água, ela absorverá uma massa de gás igual a sua própria, ou então uma parte dela, igual a uma das seguintes frações, a saber: $1/8$, $1/27$, $1/64$, $1/125$, etc. – sendo estas frações os cubos dos recíprocos dos números naturais 1, 2, 3, etc., ou seja, $1/1$, $1/2^3$, $1/3^3$, $1/4^3$, etc. O mesmo gás será sempre absorvido (DALTON, 1805 apud VIANA ; PORTO, 2007, p.8)

Volume absorvido	Exemplos
$1/1^3$	Gás carbônico, hidrogênio sulfureado (ácido sulfídrico), óxido nitroso
$1/2^3 = 1/8$	Gás oleificante (eteno), gás dos químicos holandeses (1,2-dicloro-etano)
$1/3^3 = 1/27$	Oxigênio, gás nitroso (NO), hidrogênio carburetado (metano)
$1/4^3 = 1/64$	Nitrogênio, hidrogênio, gás carbônico
$1/5^3 = 1/125$	Nenhum ainda descoberto

Quadro 2: Pesos relativos de gases e outros corpos

Fonte: Extraído de MARR, 2011, p.198.

Segundo o próprio Dalton, a relação envolvendo o peso relativo e o número de partículas últimas do gás era algo totalmente novo na química (MARR, 2011).

Procurando explicar os diversos valores de solubilidade, foi investigado por Dalton se as diferentes massas dos átomos não seriam o motivo para estas variações:

A maior dificuldade para contemplar a hipótese mecânica provém do fato de diferentes gases observarem diferentes leis. Por que a água não admite a mesma quantidade de qualquer tipo de gás? Esta questão eu tenho considerado devidamente, e embora ainda não ser capaz de me satisfazer completamente, estou quase persuadido de que essa circunstância depende do peso e do número das partículas últimas dos diversos gases: aquelas cujas partículas são mais leves e simples são menos absorvíveis, e as outras são mais, conforme aumentam em peso e complexidade. [Nota de rodapé: Experiência subsequente mostra ser essa conjectura pouco provável]. Uma investigação acerca dos pesos relativos das partículas últimas dos corpos é um assunto até onde sei, inteiramente novo: tenho ultimamente prosseguido nessa investigação com notável sucesso. O princípio não pode ser apresentado neste artigo, mas acrescentarei apenas os resultados, do modo como eles parecem ser determinados por meus experimentos (DALTON, 1805 apud VIANA; PORTO, 2007, p.8).

Desta forma, após a publicação desta afirmação a tabela de massas atômicas relativas foi impressa e divulgada em seu artigo em 1805, conforme mostra o Quadro 3, apresentado na página 62.

	Massa Atômica
Azoto	4,2
Carbono	4,3
Amônia	5,2
Oxigênio	5,5
Água	6,5
Fósforo	7,2
Óxido nitroso	13,66
Gás Nitroso	9,66
Ácido nítrico (dióxido de nitrogênio)	15,32
Óxido de carbono gasoso	10,2
Ácido carbônico (dióxido de carbono)	15,8
Ácido sulfuroso (dióxido de enxofre)	22,66
Ácido sulfúrico (anidrido sulfúrico)	28,32
Hidrogênio fosforado (fosfina)	8,2
Gás nitroso	9,3
Éter	9,6
Óxido de carbono gasoso	9,8
Óxido nitroso	13,7
Enxofre	14,4
Ácido nítrico	15,2
Hidrogênio sulfurado (sulfeto de hidrogênio)	15,4
Ácido carbônico	15,3
Álcool	15,1
Ácido sulfuroso	19,9
Ácido sulfúrico	25,4
Hidrogênio carburado (metano)	6,3
Gás olefiante (etileno)	5,3

Quadro 3: Valores contidos na tabela de massas atômicas relativas de Dalton.
Fonte: Adaptado de VIANA, 2007, p. 54.

Para registrar seus resultados sobre os átomos simples e compostos Dalton precisou de símbolos. Porém a simbologia proposta pelos alunos de Lavoisier em 1787 não teve muita aceitação por parte da sociedade científica, deste modo Dalton cria seus próprios símbolos com formatos circulares de diferentes aspectos conforme ilustra a Figura 7 (MARR, 2011).

Todos os estudos e experimentos sobre gases, executados por Dalton com bastante precisão nos laboratórios, serviram como dados importantes para a elaboração de seu atomismo, como também para o estudo precursor da Físico-Química (MARR, 2011).



Figura 7: Representação simbólica de Dalton.

Fonte: Adaptado de <http://www.biologianet.com/upload/conteudo/imagens/2014/09/atomos-de-dalton.jpg>.

Como descrito anteriormente, Dalton considera que a existência de diferentes massas atômicas seria o motivo dos gases apresentarem diversas solubilidades. Em seguida, em uma nota sua de rodapé, ele acredita que esta hipótese seria a menos provável, ou seja, temos uma contraditória nas próprias afirmações de Dalton resultando questionamentos sobre a origem de sua teoria atômica (VIANA; PORTO, 2007).

Na opinião do historiador Nash (1956) a grande ponderação acerca das complexas partículas gasosas foi o ponto de partida para construir uma teoria atômica quantitativa (VIANA; PORTO, 2007).

Porém a grande importância deste fato contém algumas evidências que devem ser consideradas. A primeira delas é que o artigo de Dalton sobre os estudos de gases foi lido mediante a Literary and Philosophical Society de Manchester em 1803, contudo foi a público apenas em 1805. O texto original publicado contém provas de que foram modificados comparados ao de 1803. Dentro da afirmação contraditória do rodapé de Dalton sobre a hipótese não ser a mais provável, Dalton não teria problemas de mudar suas afirmações, pois o mesmo era o próprio editor da revista Memórias da Sociedade que publicava os artigos, assim poderia escolher quais conteúdos e artigos podiam ser publicados (VIANA; PORTO, 2007).

Surgiu a necessidade de desenvolver um modelo para que Dalton fosse capaz de determinar as massas atômicas relativas. Este modelo teria que explicar as combinações químicas, além de beneficiar a suposição de fórmulas para os compostos químicos.

Utilizando uma mistura de oxigênio e hidrogênio Dalton buscou explicar as combinações químicas, alegando que ocorreria a repulsão entre os átomos de oxigênio e hidrogênio, resultando uma condição equilíbrio na mistura dos gases.

Contudo se acaso acabasse este equilíbrio por alguma situação, aconteceria uma transformação resultando na união entre os átomos de hidrogênio e oxigênio. Para ocorrer esta união era necessário um estímulo como, por exemplo, uma faísca elétrica.

Assim, após a combinação entre oxigênio e hidrogênio, encontraríamos uma mistura

formada de vapor de água e oxigênio.

Segundo Viana e Porto (2007) na possibilidade de continuarmos com as transformações químicas encontraríamos um agrupamento de pares obedecendo assim chamada de regra da máxima simplicidade:

Caso fosse possível dar prosseguimento as transformações, os átomos de água e de oxigênio poderiam agora se agrupar em pares. No modelo proposto por Dalton, as interações aconteceriam na sequência de um para um, obedecendo a assim chamada regra da máxima simplicidade (VIANA; PORTO, 2007 , p.9)

Dalton segundo sua regra da máxima simplicidade teria vários tipos de combinações possíveis, essas chamadas de lei das proporções múltiplas.

Sendo esta lei, quando dois corpos A e B se combinam, suas combinações ocorrem na seguinte sequência:

- 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 desenvolve um modelo combinatório baseado em uma combinação preferencial 1:1 chamada de regra da máxima simplicidade, tornando possível propor fórmulas químicas:

1) quando só é possível uma combinação entre dois corpos, deve ser presumida uma combinação binária, a não ser que outra causa exija o contrário. 2) quando são possíveis duas combinações, uma será binária e a outra ternária. 3) quando são possíveis três combinações, uma será binária, as outras ternária. 4) quando são possíveis quatro combinações, uma será binária, duas ternárias e uma quaternária. 5) um composto binário é sempre mais denso do que a simples mistura dos dois ingredientes. 6) um composto ternário será mais denso do que a mistura do composto binário e do composto simples que o formariam. 7) as regras e observações acima também se aplicam quando dois corpos, como C e D, D e E, etc se combinam (MARR, 2011, p.202).

Desta forma haveria vários tipos de geometrias que dependeriam da quantidade de átomos combinados, e estes estariam dispostos de uma maneira que evitasse a repulsão entre as partículas (VIANA; PORTO, 2007).

É um motivo de grande discussão por parte dos historiadores sobre a data em que a lei das proporções múltiplas foi proposta, acreditam que pode ter sido elaborada antes de 1803 ou após este ano. Mas o que se pode afirmar é que o modelo de combinações químicas

proposto por Dalton foi elaborado mediante a teoria das misturas gasosas. (VIANA; PORTO, 2007).

A consequência da hipótese de Dalton torna indiscutíveis as noções de proporção e combinações de unidades discretas, porém coloca em debate uma questão: Qual seria a fórmula correta? Os equivalentes químicos permitiam fazer relações entre corpos simples. Os átomos constituintes exigiam um número: Quantos átomos teriam um composto? Como determinar a proporção exata de átomos de hidrogênio que se unem com oxigênio? (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

Para propor a primeira tabela de massas atômicas foi utilizado o mecanicismo para sugerir as fórmulas de átomos compostos provenientes das combinações químicas. Além das fórmulas foi empregada às proporções de massas envolvidas nestas combinações (VIANA; PORTO, 2007).

Na época de Dalton, alguns autores já haviam publicado em suas obras alguns valores de massas atômicas relativas. Ele tinha conhecimento das análises de Lavoisier para a água, formada por 85% de oxigênio e 15% de hidrogênio em massa.

Conhecia também as análises feitas por Austin para a amônia, formada por 80% de nitrogênio e 20% de hidrogênio em massa, e por fim as análises de Chenevix para o anidrido sulfúrico, composto por 61,2 % de enxofre e 38,8% de oxigênio em massa. Dalton também tinha tomado posse dos experimentos de Lavoisier sobre a formação de óxidos de carbono (VIANA; PORTO, 2007).

Assim Dalton tinha em mãos uma variedade de valores que apontavam as proporções nas reações de formação das substâncias por ele estudadas.

Partindo destes valores, Dalton determina entre as substâncias sua respectiva massa atômica relativa, que era mediada pela regra da máxima simplicidade. Se recordarmos, o motivo que Dalton investigava em ser a causa das diferentes solubilidades era justamente a diferença de massa entre os elementos!

Desta maneira as combinações sucessivas entre os átomos ocorreriam na proporção 1:1, resultando em fórmulas químicas que indicavam as proporções de massas ocorridas nas transformações macroscopicamente observadas (VIANA; PORTO, 2007).

Seguindo esta regra, por exemplo, as proporções de massa em água analisadas por Lavoisier, a água apresentaria uma proporção em massa de 15 g de hidrogênio e 85 g de oxigênio, ou seja, a proporção seria 1 g de hidrogênio para 5,66 g de oxigênio.

Utilizando a regra da máxima simplicidade Dalton constatou que um átomo composto de água era formado por uma combinação de um átomo de oxigênio com um átomo

de hidrogênio. Percebendo que em várias reações o hidrogênio sempre estava em menor proporção em massa comparado aos demais.

Dalton assumiu então que o hidrogênio seria o átomo padrão atribuindo a massa atômica igual 1. Desse jeito o átomo de oxigênio deveria ter uma massa atômica relativa igual a 5,66. Já para a amônia seguindo este raciocínio teria uma proporção de massa utilizando os dados de Austin (20 g de hidrogênio para 80 g de nitrogênio) seria de 1 g de hidrogênio para 4 g de nitrogênio. Logo o nitrogênio teria uma massa atômica igual a 4.

Partindo dessas massas atômicas relativas, principalmente o oxigênio que estava presente na maior parte dos elementos, Dalton calculou a massas atômicas de outros compostos (VIANA; PORTO, 2007).

Se por acaso fossem encontradas outras substâncias formadas por átomos de oxigênio e hidrogênio, ou átomos de nitrogênio e oxigênio além de água e amônia, deveriam ser obedecidos à lei das proporções múltiplas, conforme mostra a Figura 8.

Assim, conforme a simbologia de Dalton suas formulas seriam constituídas por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (ou nitrogênio) ou por dois átomos de oxigênio (ou nitrogênio) e um de hidrogênio respectivamente.

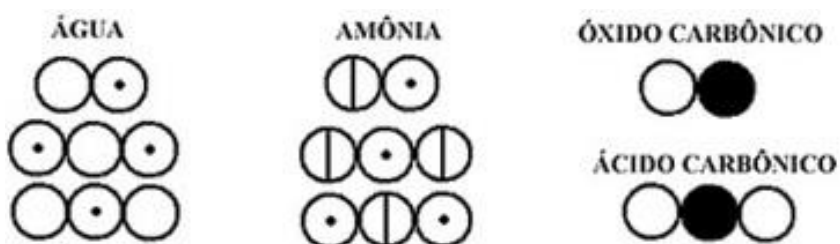


Figura 8: Representação dos átomos compostos de água e outras partículas que poderiam ser formadas obedecendo à lei das proporções múltiplas.

Fonte: Adaptado de <http://www.biologianet.com/upload/conteudo/images/2014/09/atomos-de-dalton.jpg>.

Dalton conseguiu explicar as várias proporções em massas envolvidas na síntese dos óxidos utilizando as massas atômicas relativas do nitrogênio e oxigênio após reproduzir o experimento de Cavendish⁵ (VIANA; PORTO, 2007).

Conforme descreve Dalton, quando 57,9 g de oxigênio reagem com 42,1 g de hidrogênio formaria o gás nitroso. Considerando os valores de massas atômicas relativas atribuídas por Dalton utilizando o hidrogênio como padrão, temos que a massa atômica relativa do hidrogênio é igual a 1, do oxigênio igual a 5,66 e nitrogênio igual a 4.

A partir destes valores, a síntese do gás nitroso em proporção seria de (57,9/5,66) de

⁵ Em setembro de 1803, Dalton teria realizado o experimento de Cavendish da reação de nitrogênio e oxigênio sobre um álcali mediante uma faísca elétrica.

oxigênio para (42,1/4) de nitrogênio, aproximadamente 1:1. Portanto obedecendo a regra da máxima simplicidade este composto seria formado por um átomo de nitrogênio e um de oxigênio (VIANA; PORTO, 2007).

O óxido nitroso considerando o mesmo raciocínio seria formado por dois átomos de nitrogênio e um átomo de oxigênio. Já o gás ácido nítrico seria formado por um átomo de nitrogênio e dois átomos de oxigênio.

A existência de vários óxidos de nitrogênio é um grande exemplo prático a ser considerado da aplicação da lei das proporções múltiplas.

Outros compostos que Dalton percebeu a aplicação da lei das proporções múltiplas foram os hidrocarbonetos. O metano, por exemplo, chamado naquela época de gás hidrogênio carburado seria formado por um átomo de carbono e dois de hidrogênio. Já o gás etileno, chamado de gás oleificante seria formado por um átomo de carbono e um de hidrogênio.

Segundo Marr (2011) Dalton neste mesmo estudo determina experimentalmente às densidades de diferentes gases (Quadro 4) e também a composição do ar atmosférico (Quadro 5).

Gás	Valores de Dalton	Valores atuais
Ar atmosférico	1,000	1,000
Nitrogênio	0,996	0,9669
Oxigênio	1,127	1,1044
Gás carbônico	1,500	1,5189
Vapor d' água	0,700	0,6218
Hidrogênio	0,077	0,0696

Quadro 4: Densidades relativas dos gases.

Fonte: Extraído de MARR, 2011, p. 197.

Gás	Peso dos gases (polegadas de Hg)	% Em peso	% Em volume
Nitrogênio	23,36	75,55	78,21
Oxigênio	6,18	23,32	20,69
Vapor de água	0,44	1,03	1,47
Gás carbônico	0,02	0,10	1,30
SOMA	30,00	100,00	101,67

Quadro 5: Composição do ar atmosférico segundo Dalton.

Fonte: Extraído de MARR, 2011, p.198.

Deste modo, as bases teóricas e práticas da química e física dos gases em termos quantitativos estavam lançadas, tornando Dalton um dos precursores dos estudos quantitativos sobre gases (MARR, 2011).

A grande aplicabilidade da lei das proporções múltiplas foi declarada também por outros cientistas, como por exemplo de William Hyde Wollaston (1766-1828) declarou em 1808 que muitas de suas análises de sais obtidas pelas reações de neutralização poderiam ser explicadas por esta lei de Dalton.

Aos poucos Dalton foi incorporando sua teoria, propondo ideias que até então não faziam parte, como no caso das transformações químicas, afinidade química e também sobre o calórico defendido nas obras de Lavoisier.

Através das ideias de Lavoisier sobre o calórico, Dalton estabelece que cada átomo simples ou composto possuiria uma atmosfera de calórico em sua volta conforme mostra a Figura 9.

A diferença de tamanho entre as atmosferas de calórico é que determinaria a repulsão entre átomos iguais como também a não interação entre átomos diferentes conforme mostra a Figura 10.

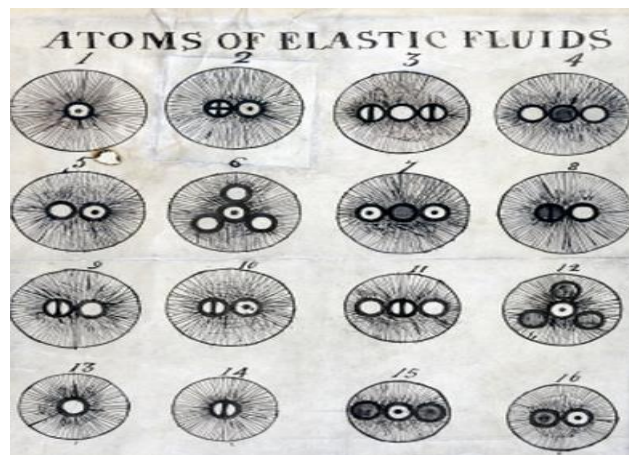


Figura 9: Esquemas representativos das “atmosferas” de calórico que circundariam os diferentes átomos.
Fonte: (www.nmsi.ac.uk apud VIANA, 2007 p. 64).

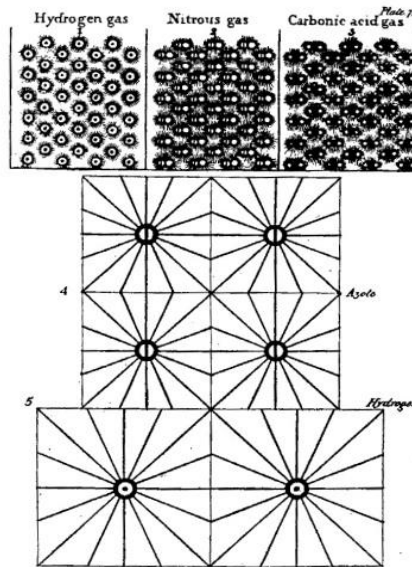


Figura 10: Esquemas representativos da repulsão entre as atmosferas de calor que circundariam cada átomo constituinte dos gases.

Fonte: PARTINGTON, 1962 apud VIANA; PORTO, 2007, p.11.

Estas novas concepções que são providas dos estudos sobre o calórico permitiram a Dalton atribuir que os átomos possuiriam diferentes tamanhos de acordo com a quantidade de calórico que estaria em sua volta, ou seja, quanto maior seu calor específico, maior será o átomo.

Deste modo os átomos possuiriam a capacidade de absorver calor em uma determinada temperatura. Seus diâmetros variariam de acordo com as condições de atração pelo calor, quem possuísse maior atração teria uma atmosfera mais densa e larga. Já aqueles com fraca atração teriam menor atmosfera e menor diâmetro (VIANA, 2007).

Estas mudanças em seu modelo atômico resultaram na segunda teoria das misturas gasosas que foi feita entre os anos de 1804 e 1805.

Para Viana e Porto (2007) a segunda teoria das misturas gasosas permitiu a Dalton estabelecer conexões entre as atmosferas calóricas dos átomos e suas massas:

Os calores específicos de pesos iguais de quaisquer dois fluidos elásticos, são inversamente proporcionais aos pesos de seus átomos ou moléculas... Os calores específicos de iguais quantidades de fluidos elásticos, são diretamente proporcionais a suas gravidades específicas, e inversamente proporcionais aos pesos de seus átomos (DALTON, 1964, p. 58 apud VIANA; PORTO, 2007, p.11)

Apesar de ser considerada atualmente incorreta, a segunda teoria das misturas gasosas era capaz de explicar as relações volumétricas que ocorriam em uma reação química.

Após análises feitas por outros cientistas contemporâneos de Dalton, em 1804 diversas

valores de massas atômicas relativas foram recalculadas por Dalton, por exemplo, o nitrogênio passou para 5 e a amônia para 4,2.

Antes de Dalton publicar o seu livro “New System of Chemical Philosophy”, Thomas Thomson, professor em Glasgow, divulga a ideia de Dalton e torna-se o principal divulgador de sua teoria, fazendo sua primeira exposição a público (BENSAUDE-VINCENT: STENGERS, 1992).

Sua teoria finalmente foi divulgada em seu livro “New System of Chemical Philosophy” em duas partes: a primeira em 1808 Manchester /Londres e a segunda em 1810 também para Manchester e Londres, ganhando tradução na versão alemã em 1812/1813 (MARR, 2011).

Na obra New System of Chemical Philosophy foram publicados também o diagrama de representações atômicas para os elementos compostos conforme mostra à Figura 11 e sua legenda no Quadro 6 (presentes na página 70).

A lei das proporções múltiplas de Dalton contém traços das leis ponderais, sendo de fundamental importância na proposição dos pesos atômicos. Esse fato enaltece o poder de explicação da teoria de Dalton no aspecto quantitativo. A teoria atômica de Dalton foi capaz de explicar as combinações químicas, mesmo que de forma superficial, mediante a aplicação da lei das proporções múltiplas, sendo os átomos quantificados a partir de uma brilhante relação de massas atômicas relativas (VIANA, 2007).

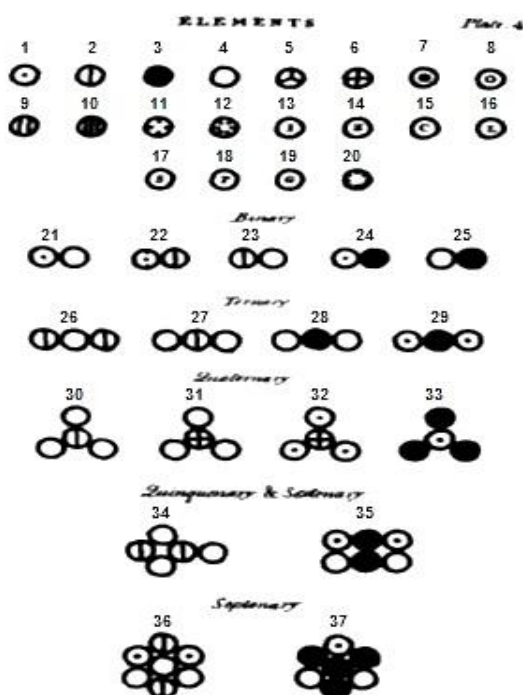


Figura 11: Diagrama representando os átomos de diferentes elementos e compostos.

Fonte: 1808 - Dalton, 1964 [1808] apud VIANA, 2007, p. 69.

1. Hidrogênio	20. Mercúrio
2. Azoto	21. Um átomo de água (1 de oxigênio + 1 de hidrogênio)
3. Carbono ou carvão	22. Um átomo de amônia (1 de azoto + 1 de hidrogênio)
4. Oxigênio	23. Um átomo de gás nitroso (1 de azoto + oxigênio)
5. Fósforo	24. Um átomo de gás oleificante (1 de carbono + 1 de hidrogênio)
6. Enxofre	25. Um átomo de gás carbônico (1 de carbono + 1 de oxigênio)
7. Magnésia	26. Um átomo de óxido nitroso (2 de azoto + 1 de oxigênio)
8. Cal	27. Um átomo de ácido nítrico (1 de azoto + 2 de oxigênio)
9. Soda	28. Um átomo de ácido carbônico (1 de carbono + 2 de oxigênio)
10. Potassa	29. Um átomo de hidrogênio carburetado (1 de carbono + 2 de Oxigênio)
11. Estrôncia	30. Um átomo de ácido oxinítrico(1 de azoto + 3 de oxigênio)
12. Barita	31. Um átomo de ácido sulfúrico (1 de enxofre + 3 de oxigênio)
13. Ferro	32. Um átomo de hidrogênio sulfuretado (1 de enxofre + 3 de hidrogênio)
14. Zinco	33. Um átomo de álcool (3 de carbono + 1 de hidrogênio)
15. Cobre	34. Um átomo de ácido nitroso (1 de ácido nítrico + 1 de gás nítrico)
16. Chumbo	35. Um átomo de ácido acetoso (1 de carbono + 2 de água)
17. Prata	36. Um átomo de nitrato de amônio (1 de ácido nítrico + 1 de amônia + de água)
18. Platina	37. Um átomo de açúcar (1 álcool + 1 de ácido carbônico)
19. Ouro	

Quadro 6: Legenda para a figura 11.

Fonte: Extraído de MARR, 2011, p. 204.

A Teoria Atômica de Dalton, após a teoria de Lavoisier, foi considerada como a pedra basilar da Química quantitativa.

Após o lançamento da teoria de Dalton, a mesma foi rejeitada pelas máximas autoridades científicas da época, como o químico Claude Louis Berthollet (1748 – 1822) que fez duras críticas a regra da máxima simplicidade.

Marr (2011) analisa que um dos motivos da recusa do atomismo de Dalton foi às inconsistências de dados.

Os cientistas contemporâneos ao repetirem seus procedimentos encontravam valores diferentes aos calculados por Dalton, pois ao atribuir os pesos atômicos relativos seus valores variavam dependendo do composto de partida (MARR, 2011).

Embora hoje reconhecêssemos a Teoria de Dalton como o marco da Química moderna, também é importante destacar outros motivos para a sua rejeição. Mas porque será que os próprios cientistas rejeitavam o atomismo de Dalton?

Na Grécia antiga o modelo do mundo físico de Aristóteles, considerado como perfeito, dispensava a utilização do atomismo de Demócrito.

Desta forma, o que permanecia em embate era um conflito atomismo x antiatomismo, levando em consideração dois aspectos: o atomismo químico que foi aceito por parte dos químicos e o atomismo físico que foi o objeto de sua rejeição (MARR, 2011).

Para poder entender os motivos que levaram a rejeição do atomismo físico, é preciso fazer uma análise dos aspectos filosóficos, estéticos, metodológicos e científicos.

Os aspectos filosóficos estão relacionados à força da *Naturphilosophie* que ganhou força no período de Dalton através do pensamento de Kant, criando uma polêmica em relação ao caráter epistemológico ou ontológico do problema, sofrendo grande influência do Positivismo a partir de 1830.

A *Naturphilosophie* também chamada de Filosofia da Natureza teve especulações desde a Grécia antiga. Seu objeto de estudo é a mudança da natureza e suas modificações, pregando a existência de uma matéria primordial que é base para todos os seres de uma natureza animada (MARR, 2011).

Kant um grande defensor da *Naturphilosophie* nega a possibilidade do conhecimento do mundo, afirmando que não podemos ampliar nosso conhecimento só com a razão. Assim, a *Naturphilosophie* impede a aceitação do atomismo na medida em que tanto na teoria de Dalton, como nos experimentos de Richter, suas hipóteses são a priori, e para Kant conhecimentos a priori e conhecimentos pela razão é a mesma coisa, e segundo Kant os conhecimentos da razão são ilusões da verdade.

A influência do Idealismo de Kant na *Naturphilosophie* cessa com um pensamento racional-dedutivo e apriorístico, negando a existência do átomo para conceber uma estrutura para a matéria.

Outro problema encontrado para aceitação do atomismo é em relação a um problema envolvendo o pensamento filosófico: O atomismo é Epistemológico ou Ontológico?

Marr (2011) retrata em sua obra o trabalho do professor de História da Ciência Alan Rocke que faz uma análise sobre os atomistas ontológicos e epistemológicos.

Rocke se refere a um atomismo físico, no qual são entidades físicas reais (atomistas ontológicos), e também fala em sua obra sobre o atomismo químico que seus praticantes são atomistas epistemológicos, ou seja, químicos que utilizam de conceitos atomísticos sem levarem em conta ou se preocuparem com a existência dos átomos (MARR, 2011).

Neste caso, no atomismo químico, é um modelo de grande utilidade para explicar vários acontecimentos na Química.

Os antiatomistas como Lorde Kelvin ou Wilhelm Ostwald buscavam negar existência do átomo por essa questão filosófica:

Ostwald duvidou da realidade dos átomos, e só um século depois da formulação da teoria de Dalton, cedeu não às evidências ontológicas, mas as epistemológicas, dizendo que pode-se agora considerar a teoria atômica como uma teoria

cientificamente bem documentada (MARR, 2011, p.232)

Para o filósofo austríaco Alexius Meinong (1853-1920) a realidade engloba as duas vertentes filosóficas, a ontológicas e epistemológicas: no mundo real temos os objetos que existem (concretos) e aqueles que podem ser abstratos ou pensados. Deste modo é real o átomo como entidade física ou como modelo pensado (MARR, 2011).

Ocorreram também aspectos estéticos para a recusa do atomismo, pois no período em que se formulou o novo atomismo, fixava entre os principais pensadores a Utopia estética que defendiam a superioridade da Arte em relação à Ciência no sentido de expressar um máximo de individualidade, de verdade e liberdade.

Conforme descreve Marr (2011) naquele período a Química começa a interagir com as Ciências Naturais levando em conta fatores estéticos condicionados à forma, simetria e um perfeccionismo.

A forma tinha maior ênfase do que as justificativas dedutivas ou indutivas relacionadas ao funcionamento da natureza. E superando o aspecto estrutural, como o atomismo era de fato uma estrutura, prevaleceu à estética acima do atomismo.

Já os aspectos metodológicos frente à recusa do atomismo se devem principalmente aos pressupostos a priori presentes nas leis e nas teorias de Dalton e seus colaboradores. Naquele período os pensadores químicos se questionavam sobre a independência dos fatos frente às teorias, se indagavam se as leis das proporções múltiplas ou das proporções definidas seriam fatos, ou seriam hipóteses a priori? Será que as representações poderiam ser estudadas?

Henri Etienne Sainte-Claire Deville (1818-1881) diante destes fatos acreditava que o que não conseguia ver ou imaginar, não seria capaz de acreditar, negando a existência dos átomos.

Por fim o aspecto científico a rejeição do atomismo abrange algumas alternativas propostas para a teoria de Dalton. A que teve mais sucesso foi o Energetismo proposto por Wilhelm Ostwald (1853-1932).

Sua Química teórica se embasava em torno do conceito de energia, considerado por ele um conceito superior aos átomos e moléculas e, contudo, porque a energia poderia ser medida, os átomos não. Revelando-se como o último a favor da *Naturphilosophie*, Ostwald defende um equilíbrio sensato entre o empirismo e a hipótese a priori.

Enfim em 1908 após aceitar uma explicação de Einstein sobre o movimento browniano, Ostwald se rende as evidências da teoria atômica, classificando em 1910

propriedades físicas em função das partículas (MARR, 2011).

Embora a teoria de Dalton não fosse muito bem aceita, ela intrigou os químicos a pensarem numa solução para um grande problema: As teorias a priori estabelecidas entravam em conflito com os dados empíricos. Este fato contribuiu para que outras teorias surgissem com o objetivo de explicar os compostos químicos e suas proporções (MARR, 2011).

Assim nasceram novas teorias como: a teoria sobre proporções volumétricas (Gay-Lussac), teoria sobre pesos equivalentes (Wollaston) e Tentativas de unificação de duas ou mais destas teorias (Avogadro e Ampère).

Após serem divulgadas as primeiras ideias de Dalton, apareceram extensões de sua teoria, como as de Gay-Lussac e Avogadro. Dalton não aceitou essas novas hipóteses, surgindo um período repleto de dúvidas dificuldades e incertezas para a ciência.

O professor Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) independentemente e simultaneamente com Dalton determinou o coeficiente de expansão térmica dos gases.

Gay-Lussac deduziu o que chamamos de leis volumétricas das combinações químicas, que diz o seguinte:

Parece evidente que gases sempre se combinam quando um reage com o outro em proporções mais simples. É importante observar que considerando os pesos não há relações simples entre os elementos de qualquer composto. Gases pelo contrário, quaisquer que sejam as proporções segundo as quais se combinam, dão origem sempre a compostos cujos elementos, em volume, são múltiplo do outro” (GAY-LUSSAC ,1809 , p. 116-118 apud MARR, 2011, p.218).

As relações volumétricas de Gay-Lussac não são observadas em líquidos e sólidos afirmando que não existem relações simples entre os pesos de reagentes. Os gases quando encontrados nas mesmas condições obedecem às leis físicas regulares. Lussac não aderiu a Teoria Atômica de Dalton, principalmente sua lei das proporções múltiplas nas combinações. Dalton também se recusou a aceitar as proporções volumétricas de Gay-Lussac.

Tentando conciliar as ideias de Proust e Dalton, Gay-Lussac não abandonou a ação das massas e as proporções variáveis de seu mentor Berthollet . Ele só reconheceu o atomismo de Dalton em 1838, quando Dalton no final de sua vida se encantou com as evidências experimentais de Lussac (MARR, 2011).

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856), Conde e homem de confiança do rei foi autodidata nas disciplinas de Química, Física, Matemática e filosofia tendo grande importância ao postular uma das leis básicas da Química.

Avogadro tentou juntar duas teorias: a teoria ponderal de Dalton e as volumétricas de Gay-Lussac. Para ele volumes iguais de quaisquer gases ou vapores nas mesmas condições contém o mesmo número de partículas.

Dalton, Gay-Lussac e também o reconhecido Berzelius negaram a hipótese de Avogadro, originando décadas de confusão e atrasando o desenvolvimento teórico da Química (MARR, 2011).

Ao longo de seu trabalho empírico e de caráter mais teórico Avogadro propõe conciliar Dalton e Gay-Lussac. Em sua obra Avogadro não faz menção ao átomo, porém propõe a existência de várias formas de moléculas, pressupondo que, as menores partículas gasosas podem ser subdivisíveis em semi-moléculas.

Para Avogadro o termo molécula não era utilizado da forma que utilizamos hoje, mas sim para expressar uma espécie de partícula mínima que ora se apresentava como átomo, ora como molécula (MARR, 2011).

Avogadro com sua hipótese elaborou uma das leis básicas da química. No entanto a mesma passou despercebida em sua época por ser mais dedutivo e menos empírico.

Ocorreram vários questionamentos acerca de sua teoria, por exemplo, se os átomos de Dalton são indivisíveis, como podem ter meias partículas?

Avogadro ganhou o reconhecimento que tanto merecia apenas em 1857 após o cientista Rudolf Clausius (1822-1888) deduzir suas hipóteses a partir das leis da cinética química, levando os mais obstinados defensores a aceitar não só a sua hipótese, mas a própria Teoria Atômica (MARR, 2011).

A teoria atômica de Dalton alterou profundamente o corpo doutrinário da Química, introduzindo uma teoria atômica quantitativa e estabelecendo símbolos e formulas com um novo significado.

Ao contrário de outras teorias sobre a composição da matéria, a sua hipótese foi original, surgindo da combinação de sua intuição teórica e suas observações experimentais. Infelizmente nos livros didáticos esta realidade não é repassada para os alunos, que acabam tendo uma ideia simplificada sobre o modelo atômico de Dalton.

Na maioria dos livros, o modelo atômico de Dalton é resumido em três postulados essenciais:

1) Os átomos são esféricos, maciços e indivisíveis; 2) Átomos de um mesmo elemento químico tem o mesmo peso atômico. 3) Átomos combinam-se em proporções fixas e definidas, normalmente em números pequenos (MORTIMER; MACHADO, 2011, p. 140).

Utilizando como base esse texto historiográfico, é possível afirmar que o enunciado um e dois já haviam sido criados anteriormente, Dalton apenas os utiliza em sua teoria atômica e elabora o terceiro enunciado através da sua lei das proporções múltiplas.

Estes postulados não explicam todos os conceitos destacados no modelo atômico de Dalton. Desta forma os livros didáticos não apresentam de forma coerente o conceito de modelo atômico.

O material produzido neste texto tem como objetivo mudar esta realidade no ensino dos modelos atômicos, levando o aluno a construir os conceitos de maneira coerente possibilitando uma melhor compreensão do estudo em questão.

6 UMA PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE ESTUDO PARA O MODELO ATÔMICO DE DALTON ARTICULANDO HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO

Esta proposta foi idealizada em um ambiente universitário, mediante as dificuldades encontradas no ensino de química relacionado a este tema. Utilizando o método de ensino tradicional, o professor não dispõe um material de qualidade e que desperte a atenção dos alunos, fato que foi evidenciado durante a disciplina de estágio, realizado na graduação do curso de licenciatura em química.

A Situação de Estudo que será apresentada a seguir, foi estruturada a fim de promover a interação dos alunos com o contexto histórico no qual se desenvolveu o modelo atômico de Dalton, tornando disponível alguns aspectos importantes a serem considerados no ensino deste tema. Um dos objetivos da utilização da História da Ciência é compreender parte da investigação realizada pelos cientistas, desde as primeiras ideias do conceito de átomo, até os postulados de Dalton.

Ao longo desta sequência consideramos que os alunos passem por um caminho que proporcione condições para que sejam capazes de compreender os conceitos envolvidos, desenvolvendo suas habilidades, atitudes e competências, contribuindo para a reflexão sobre os conceitos e situações propostas ao longo do seu processo de ensino e aprendizagem.

6.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As sugestões das atividades a serem apresentadas a seguir contemplam o ensino do modelo atômico de Dalton para o 1º ano do Ensino Médio e estão fundamentadas na abordagem histórica deste conteúdo.

Devido à escassez de materiais de qualidade acerca desse conteúdo, foi produzido um material de apoio utilizando a historiografia da ciência, apresentado no tópico 5, contendo o caminho percorrido nos estudos sobre o atomismo, desde a Grécia antiga até o modelo atômico de Dalton, com o intuito de entendermos todos os contextos que envolveram a elaboração dessa teoria.

O Quadro 7 (presente na página 77 e 78) mostra detalhadamente cada uma das três etapas da SE, tema, tipo de recurso, objetivos e o método de avaliação das atividades. A quantidade de aulas vai depender das necessidades do professor e da participação dos estudantes, deste modo, não iremos estipular um número de aulas a ser desenvolvido.

ETAPAS	TEMA DA AULA	TIPO DE RECURSO	OBJETIVOS	MÉTODO DE AVALIAÇÃO
Problematização	Os modelos na Ciência.	Dinâmica (Apêndice 2)	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a importância dos modelos no ensino de Ciências; - Entender como as teorias científicas foram formuladas; - Entender o papel da comunidade científica na formação dos conceitos científicos. 	<p>Modelos construídos e elaborados pelos alunos.</p> <p>Participação em sala de aula nas discussões sobre os modelos científicos.</p>
	Introdução ao conceito de matéria.	Atividade 1 – Problematização (Apêndice 3)	- Levantar as ideias iniciais dos alunos em relação ao conceito a ser abordado.	Respostas da atividade 1.
Primeira Elaboração	Concepções iniciais do pensamento atomista até os antecedentes de John Dalton.	Texto 1 (Apêndice 4)	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o contexto histórico em que o átomo foi postulado; - Conhecer os conceitos científicos que influenciaram Dalton em seus estudos; - Desconstruir a ideia de ciência pronta e acabada, entendendo a contribuição de cada cientista para uma teoria ser postulada. 	<p>Participação na discussão dos textos.</p> <p>Construção de um mapa conceitual relacionando os conceitos abordados no texto.</p>
	A influência da pressão na solubilidade dos	Atividade 2 – Experimento (Apêndice 5)	Observar as variações de pressão e temperatura e sua influência no paladar de	Participação dos alunos na atividade

	gases.		bebidas gasificadas.	experimental. Resolução das questões propostas no roteiro experimental.
	Estudo inicial da solubilidade dos Gases realizados por Dalton e Henry rumo ao atomismo	Texto 2 (Apêndice 6)	<ul style="list-style-type: none"> - Discutir a influência de Newton e Boyle e dos demais cientistas na construção da teoria atômica. - Conhecer os estudos iniciais de Dalton rumo à formulação da teoria atômica. - Compreender o papel de Henry para a proposição do seu modelo atômico; - Entender a lei das pressões parciais, lei de Henry e a primeira teoria das misturas gasosas. 	Participação na discussão dos textos.

(Continuação do Quadro na página 78)

Continuação:

ETAPAS	TEMA DA AULA	TIPO DE RECURSO	OBJETIVOS	MÉTODO DE AVALIAÇÃO
Função da Elaboração e Compreensão Conceitual	Solubilidade do Gases	Atividade 3 – Experimento (Apêndice 7)	- Verificar como a pressão e temperatura estão relacionadas com a solubilidade dos gases, conforme afirma a lei de Henry.	Participação dos alunos na prática experimental. Preenchimento das questões do roteiro.
	John Dalton e a proposição do modelo atômico corpuscular	Texto 3 (Apêndice 9)	<ul style="list-style-type: none"> - Desconstruir a ideia que cientistas são pessoas privilegiadas a partir da bibliografia de Dalton; - Compreender como foi instituída a tabela de pesos atômicos; - Compreender a necessidade de utilizar símbolos para representar elementos; - Compreender a lei das proporções múltiplas e relembrar os conceitos de substância simples e composta; - Discutir sobre a influência de Lavoisier na formulação 	Participação na discussão dos textos. Continuar a elaboração do mapa conceitual iniciado no texto 1 (etapa 2), destacando os principais conceitos envolvidos na proposição do modelo em estudo.

			da teoria atômica de Dalton.	
	Modelo atômico de Dalton	Exercícios (Apêndice 10)	- Sistematizar os principais conceitos envolvidos no modelo atômico de Dalton; - Avaliar a ressignificação dos conceitos iniciais dos estudantes.	Resolução das questões propostas na lista de exercícios.
	Natureza elétrica da matéria	Atividade 4 – Experimento (Apêndice 11)	- Evidenciar a natureza elétrica da matéria. - Verificar a necessidade de propor um novo modelo, retomando a ideia inicial da importância de um modelo científico.	Participação dos alunos na prática experimental. Preenchimento das questões do roteiro.

Quadro 7: Sequência didática.

Fonte: Autoria própria.

Todas as atividades da SE necessitam da utilização da abordagem histórica dos conceitos, no qual foram divididos em três textos de apoio para os professores desenvolverem ao longo das etapas da Situação de Estudo. Estes textos encontram-se em anexo ficando a critério de cada professor adaptá-los para suas aulas de modo a cumprir os objetivos propostos. A fim de tornar a aula mais dinâmica e atrativa para os alunos, as atividades foram organizadas a partir da proposição de diferentes estratégias e recursos para o ensino.

A utilização dos experimentos tem, dentre seus muitos objetivos, um forte apelo motivacional, despertando o interesse do estudante em relação ao conteúdo a ser estudado.

Além disso, conforme afirma Giordan (1999) aumenta a capacidade de aprendizagem dos estudantes, tornando-os mais participativos nas aulas.

Outra importante ferramenta atrelada ao Ensino de Ciências é a leitura. Pesquisas apontam que a leitura aparece como um conceito essencial, pois possibilita analisar as interações entre os sujeitos e o texto, além de organizar os conceitos científicos, amparando, organizando e ampliando as interações sociais entre os alunos, professores e a sua respectiva comunidade escolar (ANDRADE; MARTINS, 2006).

Deste modo é de grande importância incentivar a leitura e compreensão de textos científicos, uma vez que promove a interação entre o aluno e seu ambiente escolar, diminuindo a distância entre o conhecimento científico e tecnológico, tornando o aluno um cidadão mais crítico e reflexivo (ANDRADE; MARTINS, 2006).

Desta forma, atrelar o uso desses recursos e estratégias à História da Ciência, tendo como dinâmica orientadora das atividades a Situação de Estudo, contempla uma proposta de ensino inovador, a fim de superar o atual cenário do ensino dos conceitos científicos na Educação Básica.

A seguir, apresentamos a descrição de cada etapa da SE desenvolvida, cujas atividades e objetivos foram apresentados de forma resumida no Quadro 7.

6.1.1 Problematização

A primeira etapa, conhecida como problematização, será iniciada com uma atividade, denominada “Modelos para a Ciência” (apêndice 2).

É nessa etapa que os alunos expressam seu conhecimento em relação ao conceito/tema a ser abordado. O professor ao questionar os alunos sobre a temática em estudo insere uma palavra que no desenvolvimento da SE deve ser (re)significada, tornando-se um conceito para o estudante. Assim, o conceito espontâneo do estudante é problematizado a partir da análise de um problema que está relacionado a uma situação real vivenciada pelo estudante, o qual deve promover o primeiro contato do estudante com o conceito foco da SE (GEHLEN, 2009).

A dinâmica proposta tem como objetivo de ajudar os alunos a entenderem qual a necessidade de utilizarmos modelos para representar aquilo que não enxergamos. Além disso, essa atividade possibilita discutir aspectos importantes do trabalho científico, como por exemplo o levantamento e teste de hipóteses e a relevância do trabalho em equipe. Assim, cabe ao professor estabelecer um paralelo entre a atividade realizada e o contexto científico.

Para realizar a dinâmica proposta – adaptada de Fogaça (2017) – o professor vai necessitar de materiais simples e do cotidiano dos alunos.

Em uma caixa (estilo caixa de sapato, por exemplo), deve-se colocar três objetos relacionados ao dia a dia dos alunos (sugerimos que dois desses objetos façam algum tipo de ruído e/ou tenham uma massa considerável (ex.: colher; moeda; caneta; pedaços de giz) e o terceiro algo que não faça barulho ao agitar a caixa e seja relativamente leve (ex. bexiga cheia de ar; algodão). Na sequência, as caixas deverão ser lacradas, para que os alunos não consigam identificar os objetos visualmente.

O professor deve iniciar a atividade separando a sala em grupos. Os alunos deverão identificar os objetos inseridos na caixa apenas movimentando-a, levantando evidências que justifiquem suas hipóteses. Cada grupo terá direito a formular uma pergunta sobre os objetos que acreditam estar dentro da caixa, para a qual o professor poderá responder apenas “sim” ou “não”. A fim de estimular a troca de ideias entre os grupos, os estudantes podem trocar informações acerca dos procedimentos adotados pelos demais grupos.

Finalizado esse momento de discussão e negociação, os grupos deverão representar o conteúdo da caixa a partir da criação de um modelo e, na sequência, apresentar para sala o modelo proposto a fim de contemplar as evidências levantadas para os objetos presentes na caixa.

Ao final dessa atividade o professor deve relacionar os passos realizados pelos alunos para a construção dos modelos – levantamento e teste de hipóteses, discussão entre os grupos – com o desenvolvimento das teorias científicas, cujos resultados levaram à elaboração de modelos, possibilitando, por exemplo, o entendimento acerca da constituição da matéria sem precisar vê-la e nem tocá-la.

Outro ponto a ser destacado é o fato de utilizarem das ideias dos colegas e das informações fornecidas pelos professores e outros grupos a fim de chegarem a um consenso sobre os objetos presentes na caixa. Esse fato possibilita a discussão de aspectos referentes ao trabalho dos cientistas, desconstruindo ideias muito comuns entre os estudantes, e muitas vezes enfatizadas pelos livros didáticos, da existência dos grandes pais da Ciência, desconsiderando a contribuição de outros cientistas e pesquisadores no desenvolvimento das teorias científicas, como por exemplo, do próprio modelo atômico.

Uma última consideração sobre o problema proposto é que por meio do desenho elaborado pelos alunos, os quais representavam os objetos dentro da caixa, é possível identificar esses objetivos, ou seja, assim como na Ciência os modelos nos fornecem algumas características e propriedades, porém, são apenas representações da realidade. Nesse sentido, essa atividade possibilita também a discussão acerca do que são os modelos e porque a Ciência utiliza-os para representar determinados fenômenos.

Após o professor fazer essa interação com os alunos, deverá entregar a atividade 1 (apêndice 3), na qual, após a leitura de um breve texto, os estudantes deverão responder as seguintes questões: *A matéria faz parte da nossa vida e contexto. Mas como será que os cientistas propuseram um modelo para explicar a composição da matéria? Você já ouviu falar sobre os átomos? Como você o representaria? Para que os cientistas utilizaram este conceito?*

Essas questões têm dois objetivos, um deles é verificar qual o conhecimento dos alunos em relação ao conteúdo a ser apresentado, o segundo é que ao final dessa SE verificar se houve ou não a (re)significação dos conceitos trabalhados.

6.1.2 Primeira Elaboração

Na segunda etapa da SE, também conhecida como primeira elaboração, os estudantes terão o primeiro contato com os conceitos científicos. Nesta etapa acontece o aprofundamento do tema estudado na Problematização a partir de textos e atividades, os quais devem permitir a socialização da situação em estudo. Segundo Gehlen (2009), é por meio dessas atividades que os alunos terão o primeiro contato com os conhecimentos científicos indo além da palavra representativa, ou seja, ocorre a extrapolação de um determinado conceito, nesse SE especificamente – os conceitos relacionados ao Modelo Atômico de Dalton.

Como primeira atividade será entregue o texto 1 “Um caminho para o atomismo de Dalton” (apêndice 4), que retrata o caminho da construção do conceito ‘átomo’ desde a Grécia até anteceder a teoria de Dalton. Esse texto relata a evolução do conceito átomo, detalhando a contribuição de cada cientista para formulação desse conceito, possibilitando a desconstrução de uma imagem ingênua da Ciência, pois mostra que a ciência não é algo pronto e acabado, mais sim em constante evolução. Ao longo da leitura, a fim de problematizar a visão de Ciência dos estudantes, o professor deve propor discussões e reflexões orientadas pelas questões sugeridas no decorrer do texto.

Ao final da leitura, sugere-se que o professor desenvolva, juntamente com os alunos uma atividade de construção de um Mapa Conceitual⁶, buscando relacionar as principais contribuições dos cientistas para o conceito átomo e na história da Química, antecedentes ao modelo atômico de Dalton.

Após a construção do mapa conceitual será entregue aos alunos a atividade 2 (apêndice 5), uma atividade prática com o objetivo de verificar as variações de pressão e temperatura em bebidas gasificadas.

Com relação aos experimentos propostos nessa atividade, o primeiro tem como objetivo abordar a influência da temperatura e pressão na solubilidade dos gases (LIMA; AFONSO, 2009). No segundo experimento os alunos irão observar a variação de volume ao introduzir uma bexiga no gargalo de uma garrafa de refrigerante recém-aberta, explicando o motivo das alterações observadas (DANTAS et al., 2010).

Durante a realização dos experimentos os estudantes deverão elaborar explicações para os fenômenos observados, ainda sem que o professor aprofunde os conceitos científicos relacionados. Deste modo o professor poderá evidenciar o conhecimento dos alunos frente ao tema ser discutido.

⁶ O Mapa Conceitual é uma ferramenta desenvolvida por Novak & Gowin, relacionada à Teoria de Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel. Maiores informações acerca desse recurso podem ser encontradas no texto ‘Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2012). Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

Após a realização do experimento será entregue o texto 2 “Um estudo para a solubilidade dos gases” (apêndice 6), o qual apresenta os estudos iniciais sobre a solubilidade dos gases realizadas por John Dalton, destacando a importância do trabalho de Henry para a teoria atômica de Dalton.

A partir da leitura desse texto o professor deverá relacionar os aspectos do texto 1 – a respeito das contribuições dos demais cientistas e do contexto científico em que Dalton se encontrava, o qual foi influenciado pelas ideias de Newton, que já pensava em nível atômico para tentar explicar os fenômenos observados – com os enunciados da lei das pressões parciais, lei de Henry e primeira teoria das misturas gasosas. Além dessa relação, os fenômenos evidenciados no experimento (atividade 2), proposto anteriormente à leitura, também podem ser pensados a partir dos conceitos discutidos no texto 2.

6.1.3 Função da Elaboração e Compreensão Conceitual

Na Função da Elaboração e Compreensão Conceitual – terceira etapa da SE – são estudados problemas que possibilitam explicações científicas e também é proposta a volta ao problema inicial. Desta forma, o estudante começa a relacionar as palavras representativas dos conceitos científicos com o contexto que as mesmas são empregadas, promovendo a significação dos conceitos representativos (GEHLEN, 2009).

Na sequência o professor entregará a atividade 3 (apêndice 7), a qual propõe a realização de uma atividade experimental sobre a solubilidade dos gases em água. Este tema foi escolhido por ser o pontapé inicial de Dalton rumo a sua teoria atômica.

Devida à escassez de experimentos científicos referentes ao tema em foco, foi elaborada uma prática para atender os objetivos desta atividade.

Para a realização deste experimento, o professor deverá produzir um sistema (apêndice 8) que com o aumento da pressão, o gás CO_2 seja solubilizado em água.

Para a realização desta prática, serão necessários alguns materiais: Água destilada, bicarbonato de sódio, vinagre, béqueres, indicador verde de bromocresol (pH amarelo 3,8 - 5,4 azul), espátula, balança, sistema de pressão (atenção professor esse sistema deverá ser elaborado conforme é demonstrado no apêndice 8), bico de Bunsen com tela de amianto e suporte.

Esta prática foi dividida em dois procedimentos, a fim de os alunos verificarem algumas condições que influencia na solubilidade dos gases, como as alterações de pressão e

temperatura conforme afirma a lei de Henry.

O procedimento deverá ser executado da seguinte maneira: utilizando o sistema fornecido pelo professor, adicione ao recipiente maior 200 mL de vinagre. Na extremidade menor do sistema adicione 200 mL de água destilada e pingue cerca de 6 gotas de indicador verde de bromocresol agitando a solução. Após a adição do indicador, a coloração da solução ficará azul conforme mostra a Figura 12.



Figura 12: Solução de água e indicador verde de bromocresol

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, feche a extremidade menor contendo a solução com água destilada e indicador. Já em um papel descartável, adicione cerca de 0,20 g de bicarbonato de sódio. Neste papel o bicarbonato deverá ser enrolado em um tamanho que passe na extremidade do frasco contendo o vinagre conforme indica a Figura 13.



Figura 13: Adição de bicarbonato no frasco contendo vinagre

Fonte: Autoria própria

Após preparar o bicarbonato, rapidamente o adicione dentro do frasco contendo vinagre, fechando com a tampa. Em poucos minutos, os alunos irão observar que a solução

mudará levemente a coloração.

Os alunos deverão repetir o mesmo procedimento alterando apenas a concentração de bicarbonato de sódio para 3g e posteriormente para 6g.

A reação do vinagre com bicarbonato, produz o gás CO₂ conforme mostra a Equação 1:



1)

Quanto maior a concentração de bicarbonato de sódio, maior será a quantidade de dióxido de carbono produzido. A medida que se aumenta a concentração de bicarbonato, o gás CO₂ é produzido em excesso em um sistema fechado, reagindo em alta pressão com a solução.

O gás vai sendo borbulhado dentro da solução azul se solubilizando em água, promovendo a formação do ácido carbônico conforme mostra a Equação 2:



Neste experimento, são utilizadas três concentrações diferentes: 0,2 g, 3g e 6g. O indicador verde de bromocresol é um indicador ácido-base, em pH ácido ele aparenta a coloração amarela, em contrapartida em pH básico aparenta a cor azul. Assim à medida que o gás vai sendo solubilizado em água a cor da solução será alterada conforme mostra a Figura 14.

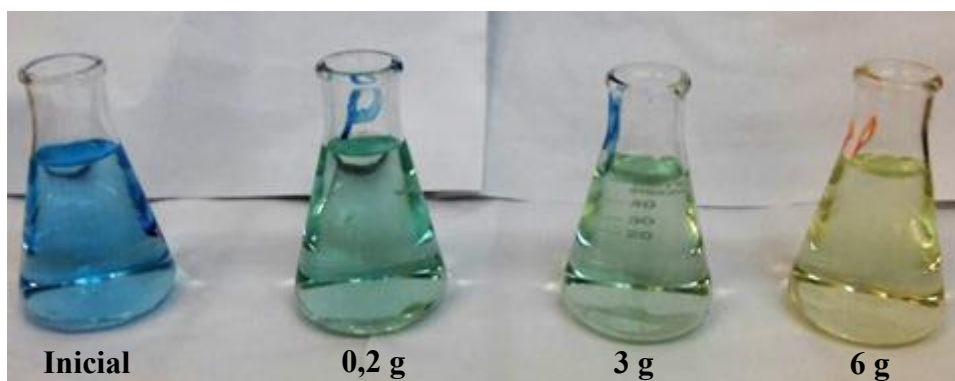


Figura 14: Aumento da solubilidade do CO₂ em água.
Fonte: Autoria própria.

Na concentração mais baixa, a reação gera pouca quantidade de CO₂, alterando levemente a coloração da solução. Já na concentração intermediária, o sistema produz uma quantidade maior de CO₂ comparada com a concentração anterior. Este fato é observado pela

alteração da cor da solução, que tem uma diminuição no pH apresentando uma tonalidade mais clara que a anterior.

Por fim, a maior quantidade de bicarbonato de sódio utilizada, gera uma quantidade superior de CO_2 que reage em alta pressão com a solução, provocando uma diminuição maior no pH. Este fato é observado pelos alunos através diferença da coloração da solução contendo o indicador.

O sistema fornece pressão suficiente para que o dióxido de carbono reaja com água produzindo ácido carbônico, deste modo a solução que inicialmente era azul nas condições iniciais, torna-se amarela conforme mostra a Figura 15.



Figura 15: Dióxido de carbono solubilizado em água
Fonte: Autoria própria

Deste modo é observado que conforme aumenta a pressão, aumenta a solubilidade do gás em água conforme afirma a lei de Henry.

Após essas observações os alunos deverão transferir esta solução para um béquer levando ao aquecimento. Observar o que acontece com a solução.

À medida que o sistema vai sendo aquecido, a cor da solução vai se aproximando da cor inicial, pois de acordo com a lei de Henry um aumento da temperatura provoca a diminuição da solubilidade conforme mostra a Figura 16.



Figura 16: Influencia da pressão e temperatura na solubilidade do dióxido de carbono
Fonte: Autoria própria

Conforme também descreve o princípio de Le Chatelier, o aumento da temperatura irá deslocar o equilíbrio para o lado esquerdo, no sentido da formação de $\text{CO}_{2(g)}$. Portanto sua solubilidade diminuirá com o aumento da temperatura, pois o CO_2 vai sendo liberado para a atmosfera, aumentando deste modo o pH da solução.

A atividade traz também traz como sugestão o experimento 2, que ficará ao critério do professor elaborara-la ou não.

Nesta atividade, os alunos irão adicionar em um béquer contendo água potável e indicador azul de bromotimol no qual terão que assoprar a solução com um canudo até modificar a coloração da solução. Nós como seres humanos, em nosso processo de respiração eliminamos o CO_2 , deste modo ao assoprar a água, irá ocorrer a formação do ácido carbonico. Assim o pH tende a se modificar, alterando a cor da solução do azul, para o amarelo. A diferença dos dois indicadores, verde de bromocresol e azul de bromotimol está na faixa de viragem do pH.

Após as atividades experimentais serem concluídas, o professor pode dar continuidade à sequência. O professor entregará o texto 3 “John Dalton e a proposição do modelo atômico corpuscular” (apêndice 9), o qual discorre sobre a vida e obra de John Dalton e suas contribuições para o desenvolvimento da Ciência ao longo da história. Conforme o professor vai abordando o texto 3, deve anotar no quadro os principais aspectos da teoria de Dalton, explicando os principais conceitos.

O texto 3 traz os principais aspectos científicos da SE proposta, pois retrata o estudo de Dalton e como o mesmo desenvolveu seu trabalho, que ficou conhecido mundialmente por meio de sua teoria atômica. Nesse sentido, os estudantes, assim como Dalton, vão

descobrimo novas evidências e percebendo a necessidade de novas teorias que expliquem suas observações, de modo similar como ocorre a ciência, uma evolução de conceitos. A própria vida de Dalton mostra que a Ciência não é feita apenas por grandes personalidades ou “gênios”, evidenciando uma visão mais humana e acessível.

Após a leitura do texto e discussão dos conceitos envolvidos, sugere-se a volta ao problema inicial. Uma vez que o professor, nessa etapa, deve realizar a sistematização dos conceitos que foram introduzidos na problematização, as ideias iniciais devem ser confrontadas com os novos conhecimentos construídos ao longo do estudo da situação, a fim de promover a (re)significação conceitual.

Por fim, duas atividades são indicadas com o objetivo de concluir as discussões dos conceitos relacionados ao Modelo de Dalton e possibilitar uma relação de continuidade com os próximos conteúdos do currículo.

Sugere-se que o professor desenvolva uma lista de exercício contendo os principais conceitos trabalhados na SE (sugestão apêndice 10). Após a realização de exercícios, o professor, juntamente com os alunos, deverá retomar a construção do Mapa Conceitual proposto após a leitura do texto 1 (2ª etapa), relacionando os principais conceitos do trabalho de Dalton para construção da Teoria Atômica.

Em seguida será realizada a atividade final da SE – atividade 4 (adaptado de FOGAÇA, 2016). Será proposta uma atividade experimental (apêndice 11) com o objetivo de relacionar os conceitos estudados à novas situações, possibilitando que o professor construa uma relação com o próximo modelo atômico a ser estudado, o qual considera a natureza elétrica da matéria. Assim, mostra-se aos alunos a necessidade de um novo modelo para explicar novas evidências, tendo em vista que o modelo de Dalton não é mais capaz de explicar a natureza elétrica da matéria.

Após a realização do experimento, espera-se que os alunos concluam que, assim como quando a bexiga é atritada, ou quando os papéis são atraídos pelos objetos, esse fenômeno ocorre devido a presença de cargas elétricas. Ou seja, quando os diferentes objetos são atritados, ocorre uma transferência de cargas elétricas (que sabemos hoje, são os elétrons) de um para o outro. Desta forma, os objetos com excesso de cargas passam a repelir ou atrair objetos leves. Uma evidência de que existem cargas elétricas na matéria.

Neste sentido, sugere-se ao professor que oriente os alunos a construírem um novo modelo atômico que seja capaz de explicar os fenômenos observados, ou seja, o modelo proposto por eles deve explicitar a presença das cargas elétricas, retomando a importância dos modelos na Ciência.

7 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Em meio às dificuldades destacadas no ensino de Química, em que o atomismo é encarado como algo abstrato pelos alunos, espera-se que por meio desta proposta os alunos compreendam as contribuições do modelo de Dalton para o desenvolvimento da Ciência, facilitando o processo de ensino e aprendizagem, a partir da elaboração de uma Situação de Estudo, atrelada a uma abordagem histórica dos conceitos.

Ensinar os conceitos presentes no modelo atômico de Dalton via História e filosofia da ciência auxiliam os professores a ensinarem ao passo de como esta teoria foi realmente se estabelecendo, percorrendo os caminhos juntamente com os cientistas na evolução do conceito científico.

Deste modo a história e a filosofia da ciência possibilitam compreender o contexto histórico em que o átomo foi postulado, levando o estudante às origens do conceito atomismo, percorrendo historicamente seu desenvolvimento.

Também possibilita entendermos quais conceitos científicos influenciaram John Dalton em seus estudos, mostrando que a ciência não é algo pronto e acabado, e sim em constante evolução.

Cada cientista que contribuiu diretamente ou indiretamente na formulação deste conceito de modelo atômico, nos mostra que a ciência não é feita apenas por grandes personalidades, mais que por um conjunto de pessoas. Assim, estudar através da história e filosofia da ciência proporciona aos alunos entender realmente como funciona o meio científico.

Como podemos ver Dalton foi diretamente influenciado por Newton, Boyle, Lavoisier e esses por outros cientistas. Na maior parte dos livros didáticos é passada a impressão de que em um determinado dia o cientista acordou e fez uma grande descoberta.

Ao fazer o caminho que Dalton percorreu para a formulação de suas hipóteses podemos verificar suas dificuldades, limitações e questionamentos, compreendendo o ponto de partida de sua teoria atômica.

A partir do estudo sobre a solubilidade dos gases, Dalton descobre com a ajuda de Henry vários conceitos químicos importantes como: Lei das pressões parciais, lei de Henry, primeira teoria das misturas gasosas.

Em seguida surge a necessidade de Dalton propor uma tabela de pesos atômicos e utilizar símbolos para separar os elementos. Este fato é muito importante, pois na maioria das

vezes utilizamos símbolos e tabelas, mais não pensamos ao seu respeito. Através deste texto é possível entendermos os motivos que levaram Dalton a propor seu simbolismo, diferentemente de outras obras que apenas as inserem sem apresentar seu contexto.

Após propor a tabela de pesos relativos e propor símbolos para separar elementos, Dalton propõe a lei das proporções múltiplas, no qual possibilita ao professor relembrar a ideia de substância simples e composta.

A lei das proporções múltiplas foi de fundamental importância para a ciência, pois possibilita a formação de novas substâncias. Somente através de um estudo via História e Filosofia da Ciência somos capazes de compreender o processo de como Dalton propôs esta lei.

Enfim através do uso da HFC são oferecidos vários subsídios para o professor trabalhar em sala de aula, possibilitando que o ensino do modelo atômico de Dalton se torne mais atrativo para os alunos, proporcionando uma melhor compreensão de conceitos envolvidos.

Deste modo, espera-se que essa Sequência Didática seja capaz de conduzir os estudantes a relacionar leis, princípios, proporcionando condições para que sejam capazes de compreender os conceitos envolvidos, desenvolvendo suas habilidades, atitudes e competências, contribuindo para a reflexão sobre os conceitos e as situações propostas ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

É evidente que precisamos de ferramentas e novos métodos para mobilizar os alunos e mudar o cenário do ensino de Química no Brasil. Esta proposta visa a contribuir, apresentando um novo material de apoio aos professores do Ensino Médio, material este que busca articular História da Ciência e o ensino de Química, tornando esse último mais próximo e significativo para o aluno. Porém, para que esse tipo de abordagem se torne recorrente e produza resultados efetivos na Educação Básica, é necessária uma formação docente de qualidade e contínua.

Nesse contexto, essa proposta pode contribuir como aporte teórico, a fim de indicar caminhos para a formação de futuros professores, e professores em atividade, buscando desmistificar o papel da História da Ciência e sua articulação com o ensino dos conceitos científicos.

Concluindo, essa proposta pode contribuir mostrando aos futuros professores e aos profissionais em atividade a importância de se utilizar a História da Ciência, atrelada a metodologias de ensino que enfatizem a problematização de situações cotidianas e a utilização de diferentes recursos e estratégias, visando o desenvolvimento de um ensino que

seja mais próximo e significativo para o aluno, personagem principal do ensino.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. Landy Editora, São Paulo, 2005.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTAN, M. H. R.; PORTO, A. P. **Percursos de História da Química**. Coleção temas de História da Ciência, São Paulo, Editora Livraria da Física, 2016.

ANDRADE, I. B.; MARTINS, I. Discurso de professores de ciência sobre leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, p. 121-151, 2006.

AUFFRAY, J. P. **O átomo**. Coleção biblioteca básica de ciência e cultura – Instituto Piaget, Lisboa, 1996.

BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. 20 Anos de QNEsc: Uma História, Muitas Histórias. **Química nova na escola**, v. 37, n.2, p. 166-171, 2015.

BASSALO, J. M. F. Do átomo filosófico de Leucipido até o átomo científico de Dalton. **Revista brasileira do ensino de física**, p.70, 1980.

BENITE, A. M. C; BENITE, C. R. M.; FILHO, S. M. S. Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos. **Química nova na escola**, v. 33, n. 2, p. 71-76, 2011.

BENSAUDE-VICENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Instituto Piaget, Lisboa, 1992.

BRASIL, MEC. **As Novas Diretrizes Curriculares que Mudam o Ensino Médio Brasileiro**, Brasília, 2002.

CAMELO, T. Quem ensina história da ciência? **Revista Ciência Hoje On-Line**, ed.276,2010. Disponível em:<http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/3894/n/quem_ensina_historia_da_ciencia>. Acesso em 05 ago.2016.

CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. De massas e massas atômicas. **Química nova na escola**, n. 19, p.8-10, 2004.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CASTRO, L. C.; SILVA, T. I. Teoria atômica na concepção de alunos de turmas de 1º ano do ensino médio, através de avaliação da representação por desenhos. **Experiência em Ensino de Ciências**- v.7, n. 3, p. 97-108, 2012.

CÉSAR, E. T.; REIS, R. C.; ALIANE, C. S. Tabela Periódica Interativa. **Química nova na escola**, v. 37, n.3, p.180-186, 2015.

CHAGAS, A. P. Os noventa anos de les atomes. **Química nova na escola**, n. 17, p.36-38, 2003.

CHASSOT, A.I. **Educação conSciência**. Santa Cruz do Sul. Edunisc, 2003.

CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência. **Química nova na escola**, n. 36, p.269-279, 2014.

COLNAGO, L. A.; ALMEIDA, F. C. L.; VALENTE, A. P. Espectrometria de massa e RMN Multidimensional e Multinuclear. **Química nova na escola**, n.16, p. 9-14, 2002.

DANTAS, P. F.C; CRUZ, G. M. C; COSTA, A. M; MACHADO, E. S; WARTHA, E. Brincando com a Lei dos Gases: uma oficina didática. **Sociedade Brasileira de Química**, 2010.

DEBUS, A. G. **O homem e a natureza no Renascimento**. Portugal, Editora Porto, 2002.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2009.

FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A. F. P. História o que é? **Secretaria de Educação a Distância da Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. Disponível em <<https://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/2014.1/historia-da-quimica/historia-da-ciencia-o-que-e-e-o-que-nao-e>> Acesso em: 26 set. 2016.

FERREIRA, L. M; PEDUZZI, L. O. Q. Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química. **Revista brasileira de história da ciência**, v. 7, n .2, p. 261-278, 2014.

FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Analogia & contra-analogia: um estudo sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de bohr e o sistema solar por meio de um júri simulado. **Experiência em Ensino de Ciências**- v. 4, n. 3, p. 43-60, 2009.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química nova na escola**, n. 20, p. 38-44, 2004.

FIORUCCI, R. F.; FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos. **Química nova na escola**, n. 22, p. 10-16, 2005.

FOGAÇA, J. **Dinâmica da caixa como auxílio no entendimento da evolução atômica**. Disponível em: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/dinamica-caixa-como-auxilio-no-entendimento-evolucao-.htm>. Acessado em 27/04/2017.

FOGAÇA, J. **Proposta de aula sobre a natureza elétrica da matéria**. Disponível em: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/proposta-aula-sobre-natureza-eltrica-materia.htm>. Acessado em: 01/03/2016.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, E. R.; CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos Íons: Uma Análise das Ideias dos Alunos do 3º Ano do Ensino Médio. **Química nova na escola**, n. 31, p. 275-282, 2009.

GEHLEN, S. T. **A função do problema no processo ensino -aprendizagem de Ciências: Contribuições de Freire e Vygotsky**. Tese doutorado. Florianópolis: UFSC, 2009.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

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

HALMENSCHLAGER, Karine Raquel. Problematização no ensino de Ciências: uma análise da Situação de Estudo. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011, Campinas. **Atas VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2011. p. 1-10.

HENRY, John. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Jorge Zahar Ed., Rio de Janeiro, 1998.

KRAGH, Helge. **Introdução á Historiografia da Ciência**. Porto: Editora Porto, 2001.

LEAL, M. C. Como a química funciona? Reflexões epistemológicas e a determinação de fórmulas e pesos atômicos a partir das leis ponderais e da teoria atômica de Dalton. **Química nova na escola**, n. 14, p. 8-12, 2001.

LIMA, A. C. S; AFONSO, J. C. A Química do refrigerante. **Química nova na escola**, v. 31, n.3, p. 210-214, 2009.

MACENO, N. G.; RITTER-PEREIRA, J.; MALDANER, O. A.; GUIMARÃES, O. M. A Matriz de Referência do ENEM 2009 e o Desafio de Recriar o Currículo de Química na Educação Básica. **Química nova na escola**, v. 33, n. 3, p. 153-159, 2011.

MALDANER, O. A; PIEDADE, M. C. T. Repensando a Química: A formação de equipes de professores/ pesquisadores como forma eficaz de mudança da sala de aula de química. **Química nova na escola**, n. 1, p. 15-19, 1995.

MALNIC, B. O prêmio Nobel da Química de 2006: Os mecanismos estruturais de transição dos eucariotos. **Química nova na escola**, n.24, p. 3-6, 2006.

MARR, J. H. **História da Química – Primeira parte- Dos primórdios a Lavoisier**. Florianópolis, Conceito Editorial, 2008.

MARR, J. H. **História da Química - Segunda Parte - De Lavoisier ao sistema periódico**. Florianópolis, Editora Papa-livro, 2011.

MARTINS, A.F.P. História e Filosofia da Ciência No Ensino: Há Muitas Pedras Nesse Caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MATTEWS, M. R.. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3, p. 164-214,1995.

MEDEIROS, A. Aston e a descoberta dos isótopos. **Química nova na escola**, n. 10, p. 32-37, 1999.

MELO, M. R.; LIMA-NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

MILARÉ, T.; FILHO, J. P. A. A Química Disciplinar em Ciências do 9º Ano. **Química nova na escola**, v. 32, n.1, p. 43-52, 2010.

MIRANDA, C. L.; PEREIRA, C. S.; MATIELLO, J. R.; REZENDE, D. B. Modelos Didáticos e Cinética Química: Considerações sobre o que se observou nos Livros Didáticos de Química Indicados pelo PNLEM. **Química nova na escola**, v. 37, n.3, p. 197-203, 2015.

MORTIMER, E. F. As concepções atomistas dos estudantes. **Química nova na escola**, n. 1, p. 23-26, 1995.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. **1 Química Ensino Médio**. 1ª edição, v.1, São Paulo 2011. Editora Scipione.

NETO, W. N. A. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. **Química nova na escola**, n.7, p. 13-24, 2007.

NICHELI, A. G.; ZUCOLLOTO, A. M.; DIAS, E. C. Estudo da solubilidade dos gases: Um experimento de múltiplas facetas. **Química nova na escola**, v.37, n.4, p. 312-315, 2015.

NUNES, A. S.; ADORNI, D.S. O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos.. In: **Encontro Dialógico Transdisciplinar** - Enditrans, 2010, Vitória da Conquista, BA. - Educação e conhecimento científico, 2010.

NUNES, P.; DEL PINO, J. C. Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. **Experiência em Ensino de Ciências**, v.3, n.1, p. 53-63, 2008.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade a Modernidade. **Química nova na escola**, n. 16, p. 21-25, 2002.

OKI, M. C. M. Paradigmas, crises e revoluções: A história da química na perspectiva Kuhniana. **Química nova na escola**, n. 20, p. 32-37, 2004.

OLIVEIRA, A. O mundo é feito de átomos. **Revista Ciência Hoje On-Line**, ed. 274, 2010. Disponível em: <http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2783/n/o_mundo_efeito_de_atomos>. Acesso em: 05 ago. 2016.

OLIVEIRA, J. O. O Ensino das Ciências e a Ética na Escola: Interfaces Possíveis. **Química nova na escola**, v. 32, n.4, p. 227-232, 2010.

OLIVEIRA, S. F. MELO, N. F.; SILVA, T.; VASCONCELOS, E. A. Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos. **Química nova na escola**, v. 35, n.3, p. 147-151, 2013.

PEREIRA, L. L. S.; BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C. Aula de Química e Surdez: sobre Interações Pedagógicas Mediadas pela Visão. **Química nova na escola**, v. 33, n.1, p. 47-56, 2011.

PORTO, C. M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 35, n.4, p.1-12, 2013.

QUADROS, A. L. et al. Ensinar e aprender Química: a percepção dos professores do Ensino Médio. **Educação em Revista**, n. 40, 2011.

RIBEIRO, E.N.C; ROCHA, R.G.C; BRUNO, R. As transições eletrônicas no átomo de Bohr como uma proposta de atividade para abordar tópicos de Física moderna e contemporânea nas Escolas do Século XXI. **Revista práxis** edição especial, iv simpósio em ensino de ciências e meio ambiente do rio de janeiro |ano VII| junho de 2015.

RIBEIRO, W. H. F.; MESQUITA, J. M. Um olhar reflexivo sobre a realidade das aulas de química em uma escola pública cearense. **Revista Essentia**, Sobral, v. 13, n.2, p. 165-183, 2012.

ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. **Química nova na escola**, n.3, p. 27-31, 1996.

ROQUE, N. F. Química por meio do teatro. **Química nova na escola**, n.25, p. 27-29, 2007.

ROQUE, N. F. Uma festa no céu – peça em um ato focalizando o desenvolvimento da Química a partir do século XVIII. **Química nova na escola**, n.25, p. 30-33, 2007.

ROVARIS, T. R. **O projeto epicurista antiaristotélico de Pierre Gassendi**. 134f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) Universidade Federal da Bahia, Salvador 2007.

SAMRSLA, V.E.E.; EICHLER, M.L.; PINO, J.C. A elaboração conceitual em realidade escolar da noção de vazio no modelo corpuscular da matéria. **Experiência em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 2, n. 1, p. 27-54, 2007.

SANGIOGO, F. A.; HALMENSCHLAGER, K. R; HUNSCHE, S.; MALDANER, O. A. Pressupostos epistemológicos que balizam a situação de estudo: algumas implicações ao processo de ensino e à formação docente. **Ciências & Educação**, v.19. n. 1, p. 35-54, 2013.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, v. 9, n. 7, 2013.

SILVA, C. S.; MARUYAMA, J. A.; OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Questões de Química no Concurso Vestibular da Unesp: Desempenho dos Estudantes e Conceitos Exigidos nas Provas. **Química nova na escola**, v. 32, n.1, p. 14-21, 2010.

SILVA, A. F. G.; ANDRADE JUNIOR, J. A.; NOBRE, F. A. S. Ensino de física moderna: um estudo de caso com ensino público e privado. **Experiência em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2012.

SILVA, G. R.; MACHADO, A. H.; SILVEIRA, K. P. Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia. **Química nova na escola**, v. 37, n. 2, p. 106-111, 2015.

SILVA, N. S.; FERREIRA, A. C.; SILVEIRA, K. P. Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa. **Química nova na escola**, v. 38, n. 2, p. 141-148, 2016.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.19, n. 1, p. 141-162, 2014.

STRATHERN, P. Uma fórmula para a Química: In: _____. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da Química**. Rio de Janeiro: Zahar Editora, p. 208-217, 2002.

SUART JÚNIOR, J. B. **A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna.** 230f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

TEIXEIRA, D. M.; FERNANDES, G. ; MASSENA, E. P. A Situação de Estudo e suas principais tendências no Ensino de Ciências. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

VIANA, H. E. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química.** 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de Dalton. **Química nova na escola**, n. 7, p. 4-12, 2007.

VIDEIRA, A. A. P. Algumas observações históricas e epistemológicas sobre o conceito de átomo clássico. **Revista brasileira de história da ciência**, n.10, p.13-20, 1993

VIDEIRA, A. A. P. Historiografia e história da ciência. Escritos. **Revista da Fundação Casa de Rui Barbosa**, n. 1, p. 284, 2007.

ZANON, L.B. e MALDANER, O.A. (Orgs.). **Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. (Coleção Educação em Química).

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como educar.** Porto Alegre, 1998.

WESTFALL, S. R. **A construção da ciência moderna – Mecanismos e Mecânica.** Portugal, Porto Editora, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Artigos encontrados nos periódicos pesquisados:

n°	Revista	Título	Autores	Referência	Enfoque
1	Revista brasileira do ensino de física	Do átomo filosófico de leucipido ao átomo científico de Dalton	<i>José Maria Filardo Bassalo</i>	BASSALO, J. M. F. Do átomo filosófico de leucipido até o átomo científico de Dalton. Revista brasileira do ensino de física , p.70, 1980.	Evolução do átomo de leucipido até Dalton
2	Química nova na escola	Duzentos anos da teoria atômica de Dalton	Carlos Alberto L. Filgueiras	FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. Química nova na escola , n. 20, p.38-44, 2004.	O presente artigo faz uma breve resenha de aspectos das teorias filosóficas que precederam a elaboração daltoniana e procura mostrar o encadeamento que levou ao aparecimento da obra do químico inglês.
3	Química nova na escola	O processo de elaboração da teoria atômica de Dalton	Hélio Elael Bonini Viana e Paulo Alves Porto	VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de Dalton. Química nova na escola , n. 7, p.4-12, 2007.	Este artigo descreve aspectos da construção da teoria atômica de John Dalton (1766-1844). Influenciado pelo corpuscularíssimo newtoniano e interessado em fenômenos meteorológicos
4	Química nova na escola	Como a química funciona? Reflexões epistemológicas e a determinação de formulas e pesos atômicos a partir das leis ponderais e da teoria atômica de Dalton.	Murilo Cruz Leal	LEAL, M. C. Como a química funciona? Reflexões epistemológicas e a determinação de fórmulas e pesos atômicos a partir das leis ponderais e da teoria atômica de Dalton. Química nova na escola , n. 14, p.8-12, 2001.	Suscita reflexões sobre as formas como se trabalha com teorias, princípios, hipóteses, modelos, leis, regras, conceitos, resultados experimentais ou unidades arbitrárias em aulas de química.
5	Química nova na escola	O conceito de elemento da antiguidade a Modernidade	Maria da Conceição Marinho Oki	OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade a Modernidade. Química nova na escola , n. 16, p.21-25, 2002.	Este artigo apresenta uma maneira de utilização da história e epistemologia da Ciência para melhorar o ensino através da identificação e estudo de conceitos estruturantes das ciências.
6	Química nova na escola	História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência	Lígia M. Martinho Pereira Chaves, Wildson Luiz Pereira dos Santos e Maria Helena da Silva Carneiro	CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência. Química nova na escola , n. 36, p.269-279, 2014.	Neste artigo, é apresentada a análise de concepções de ciência reveladas nos conteúdos do histórico dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr dos seis livros didáticos (LD)

n°	Revista	Título	Autores	Referência	Enfoque
7	Química nova na escola	De massas e massas atômicas	Reinaldo Calixto de Campos e Reinaldo Carvalho Silva	CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. De massas e massas atômicas. Química nova na escola , n. 19, p.8-10, 2004.	o propósito de favorecer aos alunos do Ensino Médio o exercício do trânsito interdisciplinar entre os domínios da teoria atômica e das leis ponderais das reações químicas
8	Química nova na escola	As concepções atomistas dos estudantes	Eduardo Fleury Mortimer	MORTIMER, E. F. As concepções atomistas dos estudantes. Química nova na escola , n. 1, p.23-26, 1995.	discute as concepções alternativas dos estudantes sobre a matéria, o que inclui a atribuição de propriedades macroscópicas aos átomos
9	Química nova na escola	Aston e a descoberta dos isótopos	Alexandre Medeiros	MEDEIROS, A. Aston e a descoberta dos isótopos. Química nova na escola , n. 10, p.32-37, 1999.	é oferecer um pequeno resgate histórico da construção do conceito de isótopos que possa vir a ser útil aos interessados na problemática da construção das idéias científicas.
10	Química nova na escola	Paradigmas, crises e revoluções: A história da química na perspectiva Kuhniana.	Maria da Conceição Marinho Oki	OKI, M. C. M. Paradigmas, crises e revoluções: A história da química na perspectiva Kuhniana. Química nova na escola , n. 20, p.32-37, 2004.	São apresentados dois episódios da História da Química analisados por Kuhn: a revolução química de Lavoisier e o novo sistema de filosofia química de Dalton
11	Química nova na escola	Estrutura Atômica e Formação dos Íons: Uma Análise das Ideias dos Alunos do 3º Ano do Ensino Médio	Angella da Cruz Guerra França, Maria Eunice Ribeiro Marcondes e Miriam Possar do Carmo	FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, E. R.; CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos Íons: Uma Análise das Ideias dos Alunos do 3º Ano do Ensino Médio. Química nova na escola , n. 31, p.275-282, 2009.	objetivo investigar quais as concepções sobre a estrutura atômica e a formação dos íons que os alunos do Ensino Médio, da rede pública de São Paulo, possuem.
12	Química nova na escola	A importância do oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos	Antonio Rogério Fiorucci e Edegar Benediti Filho	FIORUCCI, R. F.; FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos. Química nova na escola , n. 22, p.10-16, 2005.	No presente artigo, são discutidos: a importância do oxigênio dissolvido como agente oxidante, os fatores que afetam sua solubilidade
13	Química nova na escola	Os noventa anos de les atomes	Aécio Pereira Chagas	CHAGAS, A. P. Os noventa anos de les atomes. Química nova na escola , n. 17, p.36-38, 2003.	Este livro é um marco na história das Ciências, pois reuniu evidências experimentais sobre a existência dos átomos e moléculas
14	Química nova na escola	Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia	Glenda Rodrigues da Silva, Andréa Horta Machado e Katia Pedroso Silveira	SILVA, G. R.; MACHADO, A. H.; SILVEIRA, K. P. Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia. Química nova na escola , vol. 37, n.2, p.106-111, 2015.	Este artigo apresenta uma sequência didática como sugestão para a abordagem de modelos para o átomo no ensino médio.

n°	Revista	Título	Autores	Referência	Enfoque
15	Química nova na escola	20 Anos de QNEsc: Uma História, Muitas Histórias	José Otavio Baldinato e Paulo Alves Porto	BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. 20 Anos de QNEsc: Uma História, Muitas Histórias. Química nova na escola , v. 37, n.2, p.166-171, 2015.	Apresentamos uma análise do que já foi publicado na seção História da Química da QNEsc. Consideramos os períodos históricos e os temas mais recorrentes nos artigos, examinando também as formas de abordagem, objetivos e conteúdos trabalhados,
16	Química nova na escola	Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química	Marlene Rios Melo e Edmilson Gomes de Lima Neto	MELO, M. R.; NETO, E. G. L. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. Química nova na escola , v. 35, n. 2, p.112-122, 2015.	Apresentaremos a aplicação de texto e experimento por licenciandos de química da Universidade Federal de Sergipe para uma turma de ensino médio que já tinha sido exposta ao desenvolvimento histórico de modelos atômicos
17	Química nova na escola	Espectrometria de massa e RMN Multidimensional e Multinuclear	Luiz Alberto Colnago, Fábio C.L. Almeida e Ana Paula Valente	COLNAGO, L. A.; ALMEIDA, F. C. L.; VALENTE, A. P. Espectrometria de massa e RMN Multidimensional e Multinuclear. Química nova na escola , n.16, p.9-14, 2002.	O Prêmio Nobel da Química de 2002 E suas contribuições.
18	Química nova na escola	O Ensino das Ciências e a Ética na Escola: Interfaces Possíveis	Renato José de Oliveira	OLIVEIRA, J. O. O Ensino das Ciências e a Ética na Escola: Interfaces Possíveis. Química nova na escola , v. 32, n.4, p.227-232, 2010.	Este artigo discute algumas questões relativas ao ensino de química, física e biologia, argumentando que para compreender o baixo interesse dos alunos por essas disciplinas.
19	Química nova na escola	Química por meio do teatro	Nidia Franca Roque	ROQUE, N. F. Química por meio do teatro. Química nova na escola , n.25, p.27-29, 2007.	Este artigo relata uma experiência de ensino que visa utilizar o teatro como ferramenta para o Ensino de Química
20	Química nova na escola	Uma festa no céu – peça em um ato focalizando o desenvolvimento da Química a partir do século XVIII	Nidia Franca Roque	ROQUE, N. F. Uma festa no céu – peça em um ato focalizando o desenvolvimento da Química a partir do século XVIII. Química nova na escola , n.25, p.30-33, 2007.	Tratase de uma peça escrita por uma química, para ser representada para aqueles que tenham interesse por essa Ciência.
21	Química nova na escola	O prêmio Nobel da Química de 2006: Os mecanismos estruturais de transição dos eucariotos.	Bettina Malnic	MALNIC, B. O prêmio Nobel da Química de 2006: Os mecanismos estruturais de transição dos eucariotos. Química nova na escola , n.24, p.3-6, 2006.	O Prêmio Nobel da Química de 2006 E suas contribuições.

n°	Revista	Título	Autores	Referência	Enfoque
22	Química nova na escola	Repensando a Química: A formação de equipes de professores/ pesquisadores como forma eficaz de mudança da sala de aula de química	Otávio Aloisio Maldaner e Maria do Carmo Tocci Piedade	MALDANER, O. A.; PIEDADE, M. C. T. Repensando a Química: A formação de equipes de professores/ pesquisadores como forma eficaz de mudança da sala de aula de química. Química nova na escola , n.1, p.15-19, 1995.	Sugere uma metodologia e uma estrutura em sala de aula que, mais que proporcionar um contato superficial com a química
23	Química nova na escola	O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo	Lilavate Izapovitz Romanelli	ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. Química nova na escola , n.3, p.27-31, 1996.	Relata uma investigação sobre o papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo
24	Química nova na escola	Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos	Saulo França Oliveira, Noel Felix Melo, José Tatiano da Silva e Elder Alpes de Vasconcelos	OLIVEIRA, S. F. MELO, N. F.; SILVA, T.; VASCONCELOS, E. A. Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos. Química nova na escola , v. 35, n.3, p.147-151, 2013.	Relatamos o ensino de conceitos de atomística relacionados com os modelos de Thomson e Rutherford-Bohr por meio de um software de simulação e uma estratégia de aprendizagem cooperativa,
25	Química nova na escola	Questões de Química no Concurso Vestibular da Unesp: Desempenho dos Estudantes e Conceitos Exigidos nas Provas	Camila Silveira da Silva, José Antonio Maruyama, Luiz Antonio Andrade de Oliveira e Olga Maria Mascarenhas de Faria Oliveira	SILVA, C. S.; MARUYAMA, J. A.; OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Questões de Química no Concurso Vestibular da Unesp: Desempenho dos Estudantes e Conceitos Exigidos nas Provas. Química nova na escola , v. 32, n.1, p.14-21, 2010.	Apresenta alguns resultados de uma pesquisa sobre as provas de Química dos exames vestibulares da Unesp no período de 1990 a 2006.
26	Química nova na escola	A Química Disciplinar em Ciências do 9º Ano	Tathiane Milaré e José de Pinho Alves Filho	MILARÉ, T.; FILHO, J. P. A. A Química Disciplinar em Ciências do 9º Ano. Química nova na escola , v. 32, n.1, p.43-52, 2010.	O artigo discute sobre o modo como a Química é desenvolvida no 9º ano do Ensino Fundamental
27	Química nova na escola	Aula de Química e Surdez: sobre Interações Pedagógicas Mediadas pela Visão	Lidiane de L. S. Pereira, Claudio R. Machado Benite e Anna M. Canavarro Benite	PEREIRA, L. L. S.; BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C. Aula de Química e Surdez: sobre Interações Pedagógicas Mediadas pela Visão. Química nova na escola , v. 33, n.1, p.47-56, 2011.	Apresentamos uma investigação com elementos de uma pesquisa participante que objetivou estabelecer o diálogo com a cultura surda na aula de química.

n°	Revista	Título	Autores	Referência	Enfoque
28	Química nova na escola	Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos	Anna M. Canavarro Benite, Claudio R. Machado Benite e Supercil Mendes da Silva Filho	BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M.; FILHO, S. M. S. Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos. Química nova na escola , v. 33, n.2, p.71-76, 2011.	Versa sobre a representação de modelos atômicos, utilizando aplicativos computacionais
29	Química nova na escola	A Matriz de Referência do ENEM 2009 e o Desafio de Recriar o Currículo de Química na Educação Básica	Nicole Glock Maceno, Jaqueline Ritter-Pereira, Otavio Aloisio Maldaner e Orliney Maciel Guimarães	MACENO, N. G.; RITTER-PEREIRA, J.; MALDANER, O. A.; GUIMARÃES, O. M. A Matriz de Referência do ENEM 2009 e o Desafio de Recriar o Currículo de Química na Educação Básica. Química nova na escola , v. 33, n.3, p.153-159, 2011.	Analisou-se o que é preconizado para o ensino na Matriz de Referência do ENEM 2009 (Brasil, 2009a), especificamente na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
30	Química nova na escola	Modelos Didáticos e Cinética Química: Considerações sobre o que se Observou nos Livros Didáticos de Química Indicados pelo PNLEM	Camila L. Miranda, Camila S. Pereira, José R. Matiello e Daisy B. Rezende	MIRANDA, C. L.; PEREIRA, C. S.; MATIELLO, J. R.; REZENDE, D. B. Modelos Didáticos e Cinética Química: Considerações sobre o que se Observou nos Livros Didáticos de Química Indicados pelo PNLEM. Química nova na escola , v. 37, n.3, p.197-203, 2015.	Apresenta a identificação de diversos modelos associados à cinética química presentes nos livros didáticos
31	Química nova na escola	Tabela Periódica Interativa	Eloi T. César, Rita de C. Reis e Cláudia S. de M. Aliane	CÉSAR, E. T.; REIS, R. C.; ALIANE, C. S. Tabela Periódica Interativa. Química nova na escola , v. 37, n.3, p.180-186, 2015.	Apresentamos a exposição Tabela Periódica Interativa do Centro de Ciências/UFJF, explorando suas potencialidades e repercussões no ensino básico e superior
32	Química nova na escola	A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural	Waldmir Nascimento de Araujo Neto	NETO, W. N. A. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. Química nova na escola , n.7, p.13-24, 2007.	O artigo apresenta alguns fatos históricos relativos ao período inicial de desenvolvimento da noção de valência química, considerada como a “Noção Clássica de Valência
33	Química nova na escola	Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa	Nilma Soares Silva, André Correa Ferreira e Kátia Pedrosa Silveira	SILVA, N. S.; FERREIRA, A. C.; SILVEIRA, K. P. Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa. Química nova na escola , v. 38, n.2, p.141-148, 2016.	Propomos e descrevemos o desenvolvimento de uma sequência de ensino que utiliza recursos multimídia, articula animações, simulações e vídeos como fundamentação fenomenológica para o estudo das teorias atômicas

n°	Revista	Título	Autores	Referência	Enfoque
34	Revista Praxis	As transições eletrônicas no átomo de Bohr como uma proposta de atividade para abordar tópicos de Física moderna e contemporânea nas Escolas do Século XXI	RIBEIRO, E.N.C; ROCHA, R.G.C; BRUNO, R.	RIBEIRO, E.N.C; ROCHA, R.G.C; BRUNO, R. As transições eletrônicas no átomo de Bohr como uma proposta de atividade para abordar tópicos de Física moderna e contemporânea nas Escolas do Século XXI. Revista praxis edição especial, iv simpósio em ensino de ciências e meio ambiente do rio de janeiro ano vii junho de 2015.	O tema abordado será a transição dos elétrons no átomo de Bohr. Esta atividade contará, inicialmente, com o levantamento das concepções espontâneas dos alunos
35	Revista brasileira de história da ciência	Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química	Larissa Moreira Ferreira, Luiz Orlando de Quadro Peduzzi	FERREIRA, L. M; PEDUZZI, L. O. Q. Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química. Revista brasileira de história da ciência , v.7, n.2, p.261-278, 2014.	O presente trabalho esboça um panorama geral da história da química no ensino brasileiro e as dificuldades que se apresentam em relação à contextualização do atomismo.
36	Revista brasileira de história da ciência	Algumas observações históricas e epistemológicas sobre o conceito de átomo clássico	VIDEIRA, A. A. P.	VIDEIRA, A. A. P. Algumas observações históricas e epistemológicas sobre o conceito de átomo clássico. Revista brasileira de história da ciência , n.10, p.13-20, 1993.	Examina alguns conceitos e hipótese apresentada na comunidade científica sobre o conceito de átomo.
37	Revista ciência hoje on line	Quem ensina história da ciência?	Thiago Camelo	CAMELO, T. Quem ensina história da ciência? Revista Ciência Hoje On-Line , ed.276,2010. Disponível em:< http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/3894/n/quem_ensina_historia_da_ciencia >. Acesso em 05 ago.2016.	Químico fez essa pergunta e colocou a resposta em tese de doutorado.
38	Revista ciência hoje on line	O mundo é feito de átomos	Adilson de Oliveira	OLIVEIRA, A. O mundo é feito de átomos. Revista Ciência Hoje On-Line , ed. 274, 2010. Disponível em: < http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2783/n/o_mundo_efeito_de_atomos >. Acesso em: 05 ago. 2016.	A Grécia Antiga foi o primeiro berço da ideia, que voltou à tona no século 19 como uma das maiores revelações da ciência: a de que por trás de tudo estão os átomos. Adilson de Oliveira descreve o que constitui e o que constroem esses minúsculos tijolos da vida.

n°	Revista	Título	Autores	Referência	Enfoque
39	Experiência em ensino de ciências	Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo	Paula Nunes e José Claudio Del Pino	NUNES, P.; DEL PINO, J. C. Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. Experiência em Ensino de Ciências – v.3, n.1, p.53-63, 2008.	Apresenta a análise de uma estratégia didática, que utiliza mapa conceitual, aplicada a uma turma de ensino médio, na disciplina de Química,
40	Experiência em ensino de ciências	Teoria atômica na concepção de alunos de turmas de 1° ano do ensino médio, através de avaliação da representação por desenhos	Denise Leal de Castro e Thamires Idalino da Silva	CASTRO, L. C.; SILVA, T. I. Teoria atômica na concepção de alunos de turmas de 1° ano do ensino médio, através de avaliação da representação por desenhos. Experiência em Ensino de Ciências - v.7, n. 3, p.97-108,2012.	A pesquisa foi feita com o intuito de analisar como os alunos estão concebendo as teorias atômicas e a idéia de modelo atômico
41	Experiência em ensino de ciências	Analogia & contra-analogia: um estudo sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de bohr e o sistema solar por meio de um júri simulado	Alexandre da Silva Ferry e Ronaldo Luiz Nagem	FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Analogia & contra-analogia: um estudo sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de bohr e o sistema solar por meio de um júri simulado. Experiência em Ensino de Ciências - v. 4, n. 3, p.43-60, 2009.	Júri simulado conduzido como estratégia didática para o ensino de conceitos e idéias relevantes associadas à teoria atômica de Bohr e, também, como instrumento de pesquisa para registrar idéias e considerações de alunos com relação à comparação entre este modelo atômico e o sistema solar
42	Experiência em ensino de ciências	Ensino de física moderna: um estudo de caso com ensino público e privado	André Flávio Gonçalves Silva, José Adatao Andrade Júnior e Francisco Augusto Silva Nobre.	GONÇALVES, A. F.; ANDRADE JUNIOR, J. A.; NOBRE, F. A. S. Ensino de física moderna: um estudo de caso com ensino público e privado. Experiência em Ensino de Ciências - v.7, n.1, p.1-10, 2012	Nosso principal objetivo é verificar o desenvolvimento no aprendizado dos estudantes quando se ensina Física Moderna de forma adequada
43	Experiência em ensino de ciências	A elaboração conceitual em realidade escolar da noção de vazio no modelo corpuscular da matéria	Vander Edier Ebling Samrsla, Marcelo Leandro Eichler e José Claudio Del Pino	SAMRSLA, V.E.E.; EICHLER, M.L.; PINO, J.C. A elaboração conceitual em realidade escolar da noção de vazio no modelo corpuscular da matéria. Experiência em Ensino de Ciências , Cuiabá, v.2, n.1, p.27-54, 2007.	Resultado da investigação sobre as compreensões de estudantes dos fenômenos que envolvem estados de agregação da matéria, processos de dissolução, expansão térmica do ar e mudanças de estado físico.

Quadro: Artigos encontrados nos periódicos pesquisados, relacionados a Dalton.

APÊNDICE 2**MODELOS PARA A CIÊNCIA**

Nome: _____

Introdução

A descoberta do átomo é considerada por muitos como um grande avanço no entendimento da composição e funcionamento da matéria. No entanto, o que aprendemos hoje sobre sua criação foi que passou por grandes períodos de evolução. John Dalton, Thompson, Rutherford e Niels Bohr, o átomo assumiu muitas formas e mudanças conceituais.

Deste modo, para entendermos como foram desenvolvidos estes modelos, faremos uma dinâmica que fará uma analogia com o trabalho desenvolvido pelos cientistas na descoberta e elaboração dos modelos atômicos.

Nesta dinâmica cada grupo receberá uma caixa lacrada que contém alguns objetos dentro. Cada grupo terá que adivinhar quais objetos tem dentro da caixa, através de todas as evidências que a mesma demonstra (som, peso, se apresenta movimento). Cada grupo terá direito a uma pergunta sobre o objeto dentro da caixa, no qual o professor poderá responder “sim” ou “não”. Após cada grupo chegar a sua conclusão, deverá apresentar no quadro suas hipóteses através de um desenho, apresentando suas evidências para a sala.

Represente aqui o seu modelo:

Referências: FOGAÇA, J. **Dinâmica da caixa como auxílio no entendimento da evolução atômica**. Disponível em: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/dinamica-caixa-como-auxilio-no-entendimento-evolucao-.htm>. Acessado em 27/04/2017.

APÊNDICE 3**ATIVIDADE 1****Nome:** _____

A curiosidade humana tem muito mais a ver com a química do que se imagina. A química nasce na tentativa de explicar a composição de todas as coisas, buscando compreender o mundo que os cerca.

Atualmente, a Química é definida basicamente como a ciência que estuda a matéria, suas transformações e as energias envolvidas nesses processos.

Qualquer coisa que tenha existência física ou real é matéria. Tudo o que existe no universo conhecido manifesta-se como matéria ou energia. Podemos definir matéria como sendo tudo aquilo que tem massa e ocupa lugar no espaço.

A matéria é composta por partículas minúsculas, denominados átomos. O ferro, a madeira, a água são exemplos de matéria. Também existe matéria que não podemos enxergar, como é o caso de algumas substâncias gasosas.

Assim compreender a matéria e sua origem se torna de grande importância, pois pela manipulação da matéria é possível produzir diversos objetos. Como por exemplo, os escultores utilizam a madeira (matéria) para produzir vários objetos como: mesas, guarda-roupas, cadeiras, lápis, etc.

Desta forma podemos perceber que a matéria faz parte da nossa vida e está presente em nosso contexto. Mas como será que os cientistas propuseram um modelo para explicar a composição da matéria? Você já ouviu falar sobre os átomos? Como você os representaria? Para que os cientistas utilizaram este conceito?

R:

APÊNDICE 4

TEXTO 1 UM CAMINHO PARA O ATOMISMO DE DALTON

INTRODUÇÃO

Para resolver os desafios da Química experimental se faz necessário da utilização de uma teoria. Esta consiste em uma ferramenta pedagógica que nos permite projetar aquilo que não enxergamos: um mundo invisível que vai além dos fenômenos, um futuro epistemológico da química (BENSAUDE-VINCENT: STENGERS, 1992).

Foi através de uma hipótese que Dalton desenvolveu sua teoria atômica, que por muitos é considerada como base da química quantitativa. Mas para entendê-la é preciso voltar no tempo e compreender quais as contribuições e influências que levaram Dalton ao desenvolvimento de sua teoria.

Antes de começar a nossa jornada rumo ao atomismo de Dalton, propomos uma reflexão acerca da ciência, convidando vocês para pensarem sobre algumas questões.

Em sua opinião a Química é uma ciência que está presente em nosso cotidiano? Você já ouviu falar sobre o modelo atômico de Dalton? E sobre a constituição da matéria?

Bom agora que já pensamos um pouco sobre alguns fatos sobre a ciência, vamos dar início ao nosso texto. Boa leitura!

UM CAMINHO PARA O ATOMISMO DE DALTON

O foco do nosso texto como veremos adiante é sobre o modelo atômico de Dalton. Mas o que significa a palavra átomo? Como surgiu este conceito? Para que era utilizado este conceito? É o que veremos agora!

Viveram na Grécia antiga aproximadamente nos séculos VII e V a. C os primeiros pensadores a fazerem suposições sobre a matéria, conhecidos como filósofos pré- socráticos.

Seus estudos se destinavam sobre a origem, transformações, princípios da natureza da matéria e suas relações com o divino (MARR, 2008).

Uma das principais contribuições dos gregos para a Química foi o conceito de

elemento. Empédocles assim como outros filósofos (490 a.C. – 430 a.C) ao invés de propor um único princípio para a matéria, propôs um número limitado de elementos.

Segundo ele os objetos e seres seriam compostos por diferentes proporções de quatro elementos: Terra, água, ar e fogo. Essa teoria ficou conhecida como a dos Quatro elementos.

Além destas contribuições filosóficas e científicas para a origem da matéria, Leucipo e Demócrito ambos gregos, criaram o pensamento científico conhecido como átomo.

Segundo Marr (2008) para Leucipo e Demócrito os átomos seriam partículas pequenas e indivisíveis que se dividia toda a matéria, possuindo um contínuo movimento no vácuo idealizando uma teoria atômica.

Contra as ideias atomistas, Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C) rejeita o vácuo pois o mesmo estaria em desacordo com a sua teoria do movimento sendo inconcebível na filosofia eleática. Além disso, inventa o éter com objetivo de suprir as eventuais lacunas causadas entre os quatro elementos que compõem a matéria.

Segundo Porto (2013) quando Aristóteles rejeita a impossibilidade do vazio e impõe a necessidade de uma extensão de matéria contínua, ele acaba dificultando a conciliação entre a filosofia aristotélica e o atomismo.

A grande influência dos trabalhos de Aristóteles fez com que as ideias do atomismo tornassem menos importantes. Este fato resultou no desenvolvimento da teoria aristotélica dos *minima naturalia*, assumindo que a matéria seria formada por partículas mínimas com as propriedades qualitativas que observamos nos corpos (VIANA, 2007).

Por ser uma figura de autoridade em todos os campos da ciência, sua aceitação da teoria dos quatro elementos e sua rejeição do pensamento atomista influenciou a Química/alquimia por muitos anos. Um dos adeptos do pensamento aristotélico foi a Igreja que orientou a evolução científica e renascentista (MARR, 2008).

Esta teoria dos quatro ou cinco elementos foi aceita pelos cientistas por quase 2000 anos. Mesmo após a oposição do atomismo por Aristóteles, alguns filósofos ainda defendiam o atomismo, como foi o caso de Epicuro (341 a.C. – 270 a.C).

O grego e filósofo Epicuro pregava uma física muito semelhante à de Demócrito, pois foi influenciado por um de seus alunos.

Seu atomismo continha apenas algumas modificações: No átomo de Demócrito os átomos poderiam assumir qualquer tamanho, já para Epicuro os átomos contem partículas de tamanho agregado e se movimentam com a velocidade do pensamento.

Influenciado por Epicuro, o poeta e filósofo Lucrécio (340 a.C. – 268 a.C) expôs em seus trabalhos as ideias atomistas de Demócrito.

Suas obras contém um aspecto materialista apresentando muitos dos conceitos químicos que temos hoje. Além disso, escreveu postulados que lembram à cinética. Epicuro ficou conhecido por sua famosa expressão: nada se cria e nada se perde descrita muitos anos mais tarde por Lavoisier como se fosse de sua autoria.

Será mesmo que esta ideia veio de Lavoisier?

Após as ideias de Epicuro e Lucrecio não terem êxito aos seus contemporâneos, o atomismo democritiano não desapareceu por completo. Foi sendo considerado como uma alternativa para muitos filósofos, inclusive seguidores de Aristóteles, causando grande surpresa (MARR, 2008).

O atomismo da antiguidade é considerado real e mecanicista, pois os átomos propostos não possuem um modelo que interprete a natureza. Essas entidades consideradas reais pretendiam explicar fenômenos naturais através de termos de movimentos, transposições, rearranjos, justaposições e separação de partículas.

Até então o conceito de átomo não tinha espaço no âmbito científico, foi somente com as ideias mecanicistas no século XVI que este conceito começa a ganhar força, dando início a um novo atomismo científico.

O pensamento científico nos séculos XVII e XVIII exigia que a formulação de hipóteses prévias fosse confirmada pela experimentação científica. Para explicar os fenômenos naturais eram utilizadas concepções descontínuas como: átomos, moléculas e vários corpúsculos.

Surgiram assim às primeiras teorias corpusculares ou atomísticas elaboradas por vários cientistas como René Descartes (1596-1650), Pierre Gassendi (1592- 1655), Robert Boyle (1627-1691) e Sir Isaac Newton (1642-1727).

Descartes (1596-1650) afirmava que somente as relações matemáticas poderiam compreender a matéria. Descartes considerava que a matéria e a extensão eram as mesmas coisas. Em geral sua teoria corpuscular considera um corpo ou uma parte da matéria como algo que se move em conjunto, não diferenciando matéria e extensão negando desta forma a existência do vazio.

Assim, seus corpúsculos eram caracterizados por conter diferentes massas e movimentos sobre um meio material (éter). Para Descartes as características dos materiais seriam guiadas por leis matemáticas (VIANA, 2007).

O século XVII seguia com uma forte corrente repleta de seguidores da filosofia mecanicista da natureza, dentre eles o filósofo e atomista Pierre Gassendi.

Pierre Gassendi (1592- 1655) é tido como o filósofo que restaurou o atomismo na

modernidade, criticando o epicurismo tradicional. Gassendi afirma que o universo não pode ser explicado apenas pelas concepções atomistas, pelo contrário deve assumir a existência de Deus (VIANA, 2007).

O filósofo Pierre Gassendi introduz em sua filosofia um elemento básico que ao longo dos tempos havia sido esquecido, o conceito de átomo. Sua teoria de enquadrava como uma alternativa as doutrinas que explicavam a origem da matéria, com destaque o aristotelismo.

As ideias básicas do atomismo antigo defendidas por Gassendi consideram os átomos como elementos constituintes da matéria e admitiam a existência do vazio (ROVARIS; 2007)

Como defensor do atomismo, Gassendi se difere de Descartes em determinadas questões definidas. Descartes acreditava que a matéria era infinitamente indivisível, já Gassendi pensava na existência de unidades básicas que são divisíveis (WESTFALL, 2001).

Conciliando as concepções mecanicistas aplicadas para a matéria, o atomismo foi deixando de ser considerado com uma doutrina pagã, possibilitando deste modo o avanço das ideias atomistas.

A principal figura da Química mecanicista foi Robert Boyle (1627-1691), que é visto como responsável por destacar as teorias de Gassendi e Descartes. Por ter grande ligação com os dados macroscópicos, procurava utilizar seus experimentos para desenvolver suas teorias, fundamentos que foram derivados das ideias de Lord Bacon.

Segundo Westfall (2001) foi Boyle quem enalteceu o nome da filosofia mecanicista, pois ele considerou que ela era capaz de relacionar todos os acontecimentos naturais com os dois princípios católicos, a matéria e o movimento.

Boyle acreditava que a matéria é constituída por partículas que poderiam se agregar de diversas formas e aglomerados, combinando de diversas maneiras possíveis.

As últimas partículas da matéria seriam entidades completamente pequenas, solidas e fisicamente indivisíveis. Assumindo o vácuo, as partículas formariam aglomerados coesos que seriam resistentes às operações químicas, tornando muito difícil de romperem.

Os corpúsculos secundários seriam responsáveis pelas características imutáveis presentes nos materiais. Esses corpúsculos secundários poderiam se combinar formando substancias compostas que poderiam se recombinar facilmente (ALFONSO- et al., 2016).

As ideias de Boyle sobre a composição e transformação da matéria abalaram as visões da química, sendo possível explicar as observações sobre as transformações da matéria.

Porém suas ideias não foram muito aceitas, predominando as ideias do flogístico como principal constituinte da matéria.

Influenciado pelos trabalhos de Boyle, já no final do XVII o físico e mecanicista Isaac

Newton (1642-1727) ganhou grande destaque por conseguir relacionar os aspectos experimentais com os matemáticos.

Isaac Newton? Mas o que Newton das leis da física tem relação com o modelo atômico de Dalton?

Ele desenvolveu a mecânica clássica e os princípios matemáticos que necessitaram para sua abordagem. A mecânica newtoniana foi utilizada para explicar os fenômenos físicos, químicos e todos os fenômenos naturais (MARR, 2008).

Newton buscou utilizar as ideias corpusculares para explicar os fenômenos ocorridos em escala microscópica. Acreditava na hipótese de que, como nos planetas existia uma força entre eles, também poderia existir uma força entre duas partículas. A base de sua teoria era explicar as interações entre as partículas e as propriedades dos materiais, utilizando suas leis universais para o movimento dos corpos.

Similar à teoria corpuscular de Boyle, Newton também acreditava na hipótese de transmutação de matéria sobre a constituição de corpos. As últimas partículas da matéria seriam comuns e encontradas em diferentes substâncias, como o ouro e a prata que falaremos mais adiante.

Segundo Viana (2007), Newton supõe que os gases seriam formados por partículas que encontravam dificuldade quando ficavam juntas e eram obrigadas a ocupar um ambiente menor. Newton assume que a força de repulsão entre as partículas seria proporcional a sua distância, considerada como uma força de pequeno alcance.

No modelo newtoniano seria assumido que as partículas fossem estáticas, ocorrendo movimentos apenas quando ocorriam mudanças nas condições. Desta forma, o posicionamento relativo das partículas não sofreria alterações, o que mudaria era apenas a distância entre as partículas.

Neste sentido, os três estados físicos da matéria dependeriam da posição relativa das partículas: no estado sólido as partículas estariam mais próximas comparadas no líquido e no líquido mais próximo do que no estado gasoso (VIANA, 2007).

No século XVIII podemos destacar que a ciência foi fortemente influenciada pelas obras de Boyle e Newton no desenvolvimento do corpuscularismo, por muitos chamados de atomismo.

Com a proposta newtoniana, o ar liberado através da fermentação ou pelo calor dos corpos que os químicos denominam como fixos, é composto por partículas que se repelem de forma mútua.

Para os físicos e químicos ingleses, o ar é a principal maneira para caracterizar as

forças repulsivas, principalmente porque que as leis do movimento são silenciosas (BENSAUDE-VINCENT: STENGERS, 1992).

Até agora vimos que os átomos segundo os cientistas possuem partículas sólidas, contendo força entre as partículas. Mas qual a relação do estudo dos gases com o atomismo?

Robert Boyle também havia realizado vários experimentos com o ar atmosférico e também com outros ares. Esses ares desconhecidos e considerados artificiais eram resultados da putrefação de frutas e vegetais e também da dissolução de metais em meio ácido.

Porém a diferenças observadas por Boyle a respeito dos ares e ar atmosférico estavam relacionados a uma espécie de eflúvios, que seriam formados por partículas com diferentes propriedades. Já a elasticidade dos diferentes ares estava relacionada às partículas de ar.

As ideias de Boyle como foi retratado anteriormente não foram muito aceitas pelos químicos de seu tempo devido a existência de um princípio constituinte da matéria chamado de flogisto.

O flogisto era considerado pelos pneumaticistas como responsável pelas propriedades de combustão dos materiais. Este princípio comum e inflamável estava presente apenas em alguns materiais. Se o material não queimasse, é porque ele não tinha flogístico em sua composição.

Esta teoria foi retratada no Tratado do Enxofre elaborada por George Ernst Stahl (1659/60-1734), que se interessava nos estudos da composição e transformação da matéria, principalmente os metais (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Como o ar era fundamental para ocorrer alguns fenômenos como os de queima se pensavam que o ar era um receptor para o flogisto. Quando a queima de algum material parava, se justificavam alegando que o ar não tinha mais capacidade de absorver o flogisto.

Os chamados químicos pneumáticos incorporaram as ideias de Stahl sobre o flogisto, realizando inúmeros experimentos sobre a composição do ar atmosférico e outros ares desconhecidos como no caso de Stephen Hales, Joseph Black, Joseph Priestley e Henry Cavendish.

Para Stephen Hales (1677-1761) o ar seria uma espécie de cimento que deixava as partículas dos corpos unidas no local em que faziam parte. Era uma ideia muito importante na medida em que abriria caminho para admitir que o ar fosse um dos componentes da matéria (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

O Ar formaria a matéria? Então o ar teria átomos?

Joseph Black (1728-1799) foi um dos que se interessaram pelos estudos sobre a matéria. Em um de seus estudos sobre materiais alcalinos, Black isolou um ar que acreditava

de início que seria o ar atmosférico em conjunto com seu material estudado.

Após algumas análises Black verificou que era diferente do ar atmosférico, pois não mantinha a chama acesa e era inadequada a vida de animais pequenos. Este novo ar, foi chamado de Black como ar fixo e considerado pelos cientistas como flogisto.

Black aponta que o ar fixo deveria ser o produto resultante da transformação de algum material que fazia parte dos corpos, que o chamaram de princípio inflamável.

Os cientistas acreditavam que apenas existia um ar atmosférico genérico, Black com seus experimentos mostra que se o ar fosse um elemento, ele não seria único. Outra contribuição importante foi demonstrar que o ar fixo era constituinte do objeto que foi estudado (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Black com suas análises, abre espaço para a descoberta de outros ares, como foi o caso de Joseph Priestley (1733-1804) que utilizando os trabalhos de Hales e Black procurava retirar ares dos materiais sólidos.

Priestley ao aquecer uma cal vermelha obtém, em 1774 um ar que apresentava propriedades singulares. Através de alguns testes, foi evidenciado que esse ar era insolúvel em água e na presença de uma brasa avivava o fogo.

Foi constatado que este ar era completamente puro, considerado por ele cinco vezes mais puro comparado ao ar comum. Como este ar apresentava menos flogístico e matinha os animais pequenos e vivos, Priestley o chamou de ar desflogisticado.

Em pouco tempo foram surgindo uma diversidade de ares que eram obtidos de materiais sólidos, indagando a ideia de que só teria uma espécie de ar.

A corrida científica foi direcionada a identificar novas espécies de ares. Henry Cavendish (1731-1810) estava entre os cientistas que buscavam identificar novos ares. Ele realizando experimentos utilizando ácidos diluídos sobre os metais, obtém um ar que têm propriedade inflamável.

As notícias sobre as novas espécies de ares atravessaram o Canal da Mancha, até chegar na França, despertando o interesse dos franceses (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Foi na França que surgiu fundador da Química Moderna, Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) que é considerado como um dos mais importantes químicos da história.

Lavoisier era apaixonado pela química, não tinha como objetivo substituir a teoria do flogístico por outro corpo teórico, apenas queria corrigir suas diversidades (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Lavoisier tinha em mente todos os trabalhos de Hales, Black e Priestley e todos seus

experimentos realizados. Ele não se convenciu sobre as explicações dadas para o aumento de peso em certos materiais durante a queima e não aceitava a ideia de que o ar era apenas um meio mecânico que ocorriam alguns processos químicos. Lavoisier estava prestes a rejeitar a teoria do Flogisto, mais faltavam evidências para comprovar este fato.

Assim como Hales, Lavoisier admitia que o ar fosse um cimento de partículas. Deste ponto em diante passou a estudar qual era o papel do ar nos processos químicos.

Em seus experimentos Lavoisier se preocupava em verificar como o ar estaria fixado nos metais. Ao reproduzir os experimentos de Priestley sobre “ar totalmente puro”, Lavoisier passa a considerar que o ar fixo proposto por Black não fazia parte dos materiais.

Reproduzindo os experimentos de Black, Lavoisier conclui que o ar puro apontado por Priestley combinava-se com os metais durante o processo de calcinação, formando a cal.

E afirma que o ar fixo era na verdade a combinação do ar puro com as impurezas do carvão.

A partir da divulgação destes estudos, o flogisto não tem mais espaço nas explicações dos processos de queima e revificação de materiais.

Lavoisier parte então do ar eminentemente respirável para reinterpretar todos os processos que envolviam a combustão. Como este ar eminentemente respirável seria constituinte de todos os ácidos, resolve atribuir o nome de oxigênio que em grego significa formador de ácido (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Para Marr (2008) a extensa obra de Lavoisier é encarada como uma Revolução química. Inovou com a teoria do oxigênio, além de fazer experimentos envolvendo a combustão do diamante, CO_2 , combustão do fósforo, enxofre, aquecimento de metais.

Publicou em seu livro o tratado elementar da química que expõe sua teoria atômica, produtos químicos desconhecidos, aparelhos e métodos de equipamentos. Além destas contribuições Lavoisier propõe 33 elementos através de métodos analíticos (MARR, 2008).

Com suas descobertas Lavoisier consegue banir da química três princípios elementares: a terra, a água e o flogisto, até o momento para admitir composição da matéria e suas transformações eram admitidos estes três constituintes (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

Lavoisier faz uma revolução na química, admite o ar como um componente da matéria além de propor uma nova definição para elemento. Lavoisier passa a admitir que elemento fosse todo material obtido no ponto final de uma análise química propondo uma definição operacional para os elementos.

As ideias de Lavoisier e seus colaboradores inserem na química uma nova maneira de

pensar na composição da matéria e suas transformações.

As definições novas de elemento químico conduziram os químicos a trabalharem na hipótese de existir um grande número de elementos. A quantificação de massa envolvida nas transformações conduziu a uma nova descoberta essencial, a de uma nova teoria atômica (ALFONSO-GOLDFARB et al., 2016).

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTAN, M. H. R.; PORTO, A. P. **Percursos de História da Química**. Coleção temas de História da Ciência, São Paulo, Editora Livraria da Física, 2016.

BENSAUDE-VICENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Instituto Piaget, Lisboa, 1992.

MARR, J. H. **História da Química – Primeira parte- Dos primórdios a Lavoisier**. Florianópolis, Conceito Editorial, 2008.

ROVARIS, T. R. **O projeto epicurista antiaristotélico de Pierre Gassendi**. 134f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) Universidade Federal da Bahia, Salvador 2007.

VIANA, H. E. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química**. 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

WESTFALL, S. R. **A construção da ciência moderna – Mecanismos e Mecânica**. Portugal, Porto Editora, 2001

APÊNDICE 5

ATIVIDADE 2

Nome: _____

INTRODUÇÃO

O refrigerante é uma bebida muito apreciada pela população, pois contém alto poder refrescante. Seus consumidores são de diversas faixas etárias por não conter teor alcoólico, podendo ser encontrada e comercializada em diversos sabores para o consumo.

No Brasil o refrigerante também é conhecido como tubaína, principalmente no interior do nosso país. A produção industrial de refrigerante surgiu em 1871 com os norte-americanos.

Há indícios que no Brasil, em 1906, o produto já era comercializado. Mas apenas na década de 1920 é que o refrigerante conquistou os brasileiros, tornando parte de seu cotidiano.

No ano de 2005 o Brasil se tornou o terceiro maior produtor de refrigerantes do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos e México. Em relação a seu consumo, o país ocupa a 28ª posição mundial, com uma média de 69 L por habitante anualmente.

Dentre os ingredientes que fazem parte da composição refrigerante, podemos destacar o Dióxido de carbono, que é adicionada na bebida através da carbonatação.

A carbonatação é considerada por muitos a principal componente da fórmula, pois realça o paladar e a aparência da bebida.

Em relação ao paladar, algumas modificações físicas, especificamente que envolvem mudanças de temperatura e pressão, podem afetar o sabor da bebida. Podemos verificar essas evidências através de alguns experimentos.

EXPERIMENTO 1

Materiais e reagentes

- Refrigerante gelado
- Refrigerante exposto ao sol
- Refrigerante exposto ao sol e em seguida refrigerado

Procedimentos

Abrir as tampas e anotar o comportamento do produto em cada uma das condições acima listadas. O que foi observado? Como você explicaria o fenômeno evidenciado?

R:

EXPERIMENTO 2

Materiais e reagentes

- Garrafa de Refrigerante 600 mL
- Bexiga

Procedimentos

Abra a garrafa de refrigerante e retire certa quantidade. Em seguida, feche-a com um balão agitando a garrafa de modo que o líquido não passe para o balão. Observe por cerca de 10 minutos.

O que foi observado? Como você explicaria o fenômeno evidenciado?

R:

Referências:

DANTAS, P. F.C; CRUZ, G. M. C; COSTA, A. M; MACHADO, E. S; WARTHA, E. Brincando com a Lei dos Gases: uma oficina didática. **Sociedade Brasileira de Química**, 2010.

LIMA, A. C. S; AFONSO, J. C. A Química do refrigerante. **Química nova na escola**, v. 31, n.3, p. 210-214, 2009.

APÊNDICE 6

TEXTO 2

UM ESTUDO PARA A SOLUBILIDADE DOS GASES

A obra de John Dalton (1766- 1844) é um marco para a história da química que com simplicidade e dedicação se tornou um dos grandes químicos da história. Antes de aprofundarmos sobre sua vida e obra, vamos entender como foi importante o estudo da solubilidade dos gases para a sua teoria atômica.

No final do século XVIII, já era conhecida a composição da atmosfera por alguns constituintes: o gás nitrogênio (maior quantidade), gás oxigênio, gás carbônico e vapor de água (VIANA; PORTO, 2007).

Dalton tinha grande interesse por fenômenos atmosféricos, fato que acabou conduzindo-o a uma série de perguntas sobre a composição da atmosfera.

Porém uma questão estava presente dentro da comunidade científica: os fluidos gasosos estariam combinados quimicamente na atmosfera ou eles se encontravam misturados?

Outro aspecto que não estava claro por parte dos cientistas era sobre a hipótese da atmosfera ser uma mistura. Questionavam-se por que os gases não se separavam em camadas conforme sua densidade?

Os questionamentos de Dalton é um grande exemplo de que na maioria das vezes a ciência avança não a partir de experimentos, mais sim de ideias concebidas previamente pelos cientistas e só depois testadas experimentalmente (FILGUEIRAS, 2004).

Mediante estas questões, Dalton procurou solucionar os problemas utilizando os conceitos corpusculares de Newton que a seu ver eram mais apropriados com sua realidade.

A ciência do Século XVIII foi fortemente influenciada pela obra de Newton, sendo divulgada principalmente por livros textos e outros materiais populares daquela época.

Através de livros destinados à sua divulgação, Dalton teve seus primeiros contatos com as ideias do grande filósofo natural Isaac Newton (VIANA; PORTO, 2007).

Para Newton a matéria seria formada por diferentes partículas organizadas de forma

prioritária entre os elementos chamada de “ultimate particles”, consideradas as menores partículas da matéria.

Essa visão de partículas organizadas da matéria foi inspirada nas ideias de Robert Boyle. Boyle uniu as concepções provindas do atomismo grego sobre a matéria ser constituída de partículas indivisíveis (chamamos de átomos), com as ideias aristotélicas da conservação da matéria como um todo, conhecida como mínima naturalia. Essa junção de ideias resultou em uma teoria corpuscular com propriedades especiais (VIANA; PORTO, 2007).

No contexto de Newton acreditava-se na existência de um único fluido gasoso, chamado de ar comum, era considerado como um elemento por apresentar como característica a homogeneidade.

Com o passar dos anos ao longo do século XVIII os químicos pneumanicistas descobriram que a atmosfera era constituída por vários tipos de ares, surgindo à necessidade de propor novos modelos para explicar esta variedade (VIANA; PORTO, 2007).

Dalton procurava entender como a atmosfera poderia ser constituída por vários gases e conter diferentes densidades e aspecto homogêneo. Sua primeira explicação formulada para este fato foi considerada como uma variação elegante do modelo de Newton (VIANA; PORTO, 2007).

Newton em suas obras *Opticks* questão 31 e Livro 2, dos *Principia*- proposição 23^o afirma que cada gás se comporta como um fluido elástico newtoniano, agindo como se os demais gases não estivessem na mistura. Dalton então tem uma livre interpretação deste enunciado.

Ele descreve seu modelo influenciado pelas ideias de Newton afirmando que: quando dois fluidos elásticos são denotados por partículas chamadas de A e B misturadas não existe repulsão entre as partículas de forma mútua, ou seja, as partículas provindas de A não se afastam com as partículas de B, fato que não ocorre se estivessem apenas entre a mesma espécie (VIANA; PORTO, 2007).

As afirmações destacados acima correspondem à primeira teoria das misturas gasosas propostas por Dalton.

Com base na sua teoria das misturas gasosas, Dalton passou a explicar o fato de o aumento da quantidade de um dos componentes em uma mistura gasosa não influenciar qualquer efeito sobre a pressão de outro. Estes enunciados formulados por Dalton ficaram conhecidos como a lei de Dalton das pressões parciais.

Segundo Marr (2011) a partir dos estudos da lei das pressões parciais foi evidenciada a

possibilidade da difusão dos gases. Os gases presentes na atmosfera formariam camadas, sendo o oxigênio perto do solo, o vapor de água nas altas camadas e na camada intermediária estaria o nitrogênio, conforme as ordens de suas densidades (MARR, 2011).

A lei das pressões parciais já expõe uma noção bem nítida das concepções atômicas de Dalton. Segundo esta lei cada um dos gases presentes na atmosfera apresentaria uma pressão parcial igual a que se comportaria se estivesse sozinho, ou seja, se não estivesse em uma mistura gasosa (VIANA; PORTO, 2007).

Este estudo inicial de Dalton a respeito das misturas de gases ficou conhecido como a primeira teoria das misturas gasosas, permitindo explicar a maneira que os gases estariam organizados em uma atmosfera com diversos gases conforme mostra a Figura 1.

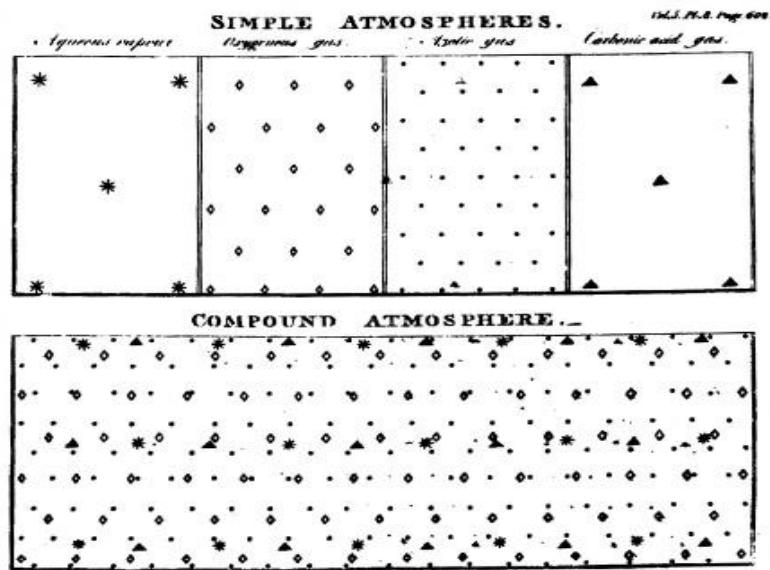


Figura 1: Representação de Dalton para a constituição atômica da atmosfera terrestre de acordo com sua primeira teoria das misturas gasosas (THACKRAY, 1970 apud VIANA; PORTO, 2007, p.6).

Conforme prega este modelo de Dalton, os átomos iguais não poderiam ficar próximos, pois se repeliam. Os átomos diferentes não notavam qualquer efeito uns sobre os outros.

Outra observação que podemos fazer é que volumes que apresentam ser iguais possuem número diferentes de partículas. Desta forma, por exemplo, o gás nitrogênio conhecido como azoto e apontado pelos cientistas como o de maior volume na atmosfera terrestre continha uma quantidade superior de átomos comparada a um determinado volume de gás carbônico. (VIANA; PORTO, 2007).

Esta teoria das misturas gasosas de Dalton enfrentou diversas críticas por parte dos filósofos da época, como no caso do ex-professor de Dalton John Gough que criticava a aleatoriedade de seus princípios.

Contudo esta primeira teoria das misturas gasosas, permitiu que o amigo de Dalton William Henry (1774-1836) compreendesse a relação entre a pressão exercida por um gás e sua solubilidade em um líquido, esta lei conhecida como lei de Henry afirmava que em uma determinada temperatura, a massa de gás absorvido pela água é diretamente proporcional à pressão. Esta lei teve grande importância para Dalton propor sua teoria atômica como veremos a seguir.

O debate sobre o comportamento dos gases era presente na Inglaterra no final do século XVIII, pois naquele local era uma tradição devido aos estudos pioneiros de Boyle e Stephen Hales acerca dos gases.

Os trabalhos com gases dos químicos pneumaticistas como Joseph Black (1728-1799) que foi professor de William Henry quando o mesmo estudava medicina, Joseph Priestley (1733-1804) e Henry Cavendish (1731-1810) tinha grande importância naquele período, tendo William Henry contato com diversos trabalhos sobre gases (VIANA; PORTO, 2007).

William Henry praticava os estudos e ensaios presentes no tratado elementar de Química de Lavoisier. Entre os anos 1802 e 1803, Henry e Dalton se dedicavam exclusivamente aos estudos com gases praticando experimentos sobre as solubilidades dos gases em água.

Henry se ocupava em estudar a produção de água gaseificada, pois tinha uma indústria química em sua família. Já Dalton investigava as solubilidades dos gases de acordo com a sua primeira teoria de misturas gasosas. Neste período Dalton através das observações de seus experimentos e especulações da época escreveu:

Anteriormente à publicação da chamada lei de Henry em 1802, eu estava enganado em uma investigação da quantidade de ácido carbônico na atmosfera. Foi motivo de surpresa para mim que a água de cal pudesse indicar tão facilmente a presença de ácido carbônico no ar, enquanto que a água pura, exposta por qualquer extensão de tempo, não fornecesse nenhum traço daquele ácido. Eu acreditava que a extensão de tempo pudesse compensar a fraqueza de afinidade. Ao investigar o assunto, eu encontrei que a quantidade deste ácido, tomada pela água, seria maior ou menor proporcionalmente à sua maior ou menor densidade na mistura gasosa jazendo sobre a superfície, e portanto deixei de me surpreender com o fato de a água absorver uma porção tão imperceptível da atmosfera... (DALTON, 1964, p.141 apud VIANA; PORTO, 2007, p.7).

Dalton e Henry teriam estudado inicialmente a solubilidade do gás carbônico em água, pois até então era o único gás cuja solubilidade em água havia sido estudada. A água gaseificada efervescente, por exemplo, já havia sido estudada por Priestley. (VIANA; PORTO, 2007).

Henry para encontrar os valores das solubilidades utilizou um equipamento contendo o

gás a ser analisado e mercúrio conforme descreve Viana e Porto (2007) e ilustra a Figura 2 (apresentada na página 123):

O tubo graduado (A) admite uma determinada quantidade de água e do gás a ser analisado. Com as válvulas (a) e (b) fechadas o tubo (A) é agitado de forma que o nível do mercúrio presente em (B) sofra uma diminuição (o mercúrio se desloca em direção a C). Dessa maneira, a variação do nível da coluna de mercúrio indica a respectiva diminuição da pressão interna do gás originada pela solubilidade em água (VIANA; PORTO, 2007, p.7).

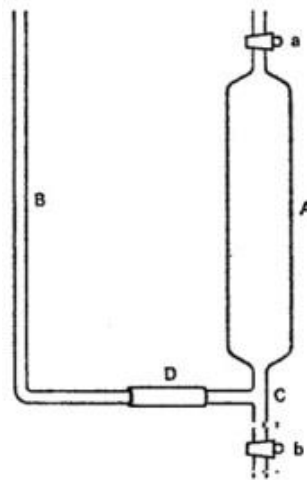


Figura 2: Aparelhagem utilizada por Henry para medir a solubilidade dos gases em água.
Fonte: FARRAR, 1974 apud VIANA; PORTO, 2007, p. 7.

Desta maneira, quanto maior for à solubilidade de um gás qualquer em água, maior será a diminuição da sua pressão interna e por decorrência será maior a variação do nível de mercúrio contido na coluna.

Como consequência das determinações de solubilidade de gás carbônico em água, foi constatada por Henry uma enorme diferença das quantidades desse gás absorvidas por água quando se mantinha a pressão e temperatura constantes. A explicação desta grande variação foi encontrada apenas por Dalton.

Henry afirmava que as causas das variações eram desconhecidas por ele, até que seu amigo Dalton o sugere que as variações certamente eram dependentes das quantidades de resíduos de gás que não foram dissolvidos. Henry ao repetir seus experimentos utilizando diferentes proporções entre o gás e a água, confirma a hipótese sugerida por Dalton (VIANA; PORTO, 2007).

Os efeitos das variações presenciadas por Henry só ocorreram porque o gás carbônico não era extremamente puro, caso contrário não teria variações. Porém as técnicas utilizadas por ele não possibilitavam a preparação de gases muito puros, deste modo à exata solubilidade do gás carbônico só poderia ser descoberto utilizando as análises dos gases misturados e

mediante a aplicação da lei das pressões parciais de Dalton.

Após suas análises, Henry concluiu que a solubilidade dos gases em água seria um fenômeno de caráter mecânico, no qual a quantidade de gás absorvida seria proporcional à densidade do gás, levando em consideração somente o gás em questão, sem considerar influência de outros gases caso estivessem misturados.

Henry agora se mostra totalmente adepto à primeira teoria das misturas gasosas (pois inicialmente era contrário) conforme afirma Dalton:

O Dr. Henry se convenceu de que não havia sistemas de fluidos elásticos que dessem uma solução tão simples, fácil e compreensível como a que eu adotei, a saber: que cada gás, em qualquer mistura, exerce uma pressão distinta, a qual permanece a mesma se os demais gases forem retirados (DALTON, 1964, p.141 apud VIANA; PORTO, 2007, p.7)

Neste sentido, a forma utilizada por Henry para explicar o comportamento de cada componente da mistura gasosa é orientada somente por sua pressão, não levando em conta a quantidade de outros componentes, assumindo a validade da primeira teoria das misturas gasosas de Dalton.

Abrangendo sua pesquisa para outros gases, Henry descobriu que em determinada temperatura a massa de gás que era absorvida pela água era diretamente proporcional a sua pressão parcial, este enunciado ficou conhecido como lei de Henry.

A importância da lei de Henry foi rapidamente reconhecida por Dalton, que a relacionou com sua primeira lei das misturas gasosas juntamente com um modelo mecânico de dissolução de um gás em água.

REFERÊNCIAS

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química nova na escola**, n. 20, p. 38-44, 2004.

MARR, J. H. **História da Química - Segunda Parte - De Lavoisier ao sistema periódico**. Florianópolis, Editora Papa-livro, 2011.

PORTO, C. M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 35, n.4, p.1-12, 2013.

VIANA, H. E. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química**. 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de Dalton. **Química nova na escola**, n. 7, p. 4-12, 2007.

APÊNDICE 7

ATIVIDADE 3

Nome: _____

INTRODUÇÃO

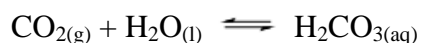
A solubilidade de um líquido é uma propriedade que uma substância tem em dissolver espontaneamente outra substância chamada solvente.

Um exemplo de solubilidade é quando preparamos um suco. À medida que adicionamos açúcar, notamos que a mesma desaparece na solução. Esse fato acontece porque essa substância é solúvel em água.

Vamos falar agora um pouco das soluções gás-líquido. A maioria das dissoluções dos gases em água é um processo exotérmico.

Em relação à solubilidade de um gás em um líquido um aspecto de grande importância é a pressão exercida, pois está diretamente relacionada à sua solubilidade.

No processo de gaseificação de refrigerantes e água é utilizada a técnica da carbonatação, ou seja, adição e solubilização do dióxido de carbono (CO_2), no qual envolve a seguinte reação:



Partindo desta equação podemos compreender que quanto mais CO_2 estiver solubilizado, maior será a acidez da bebida.

A solubilidade do CO_2 na água está proporcionalmente relacionada à pressão exercida. Quanto maior a pressão exercida, maior será sua solubilidade. Já no caso da temperatura este processo é inverso, quanto menor for a temperatura, maior será sua solubilidade.

Mas será mesmo que a pressão e a temperatura têm relação com a solubilidade dos líquidos? É hora de tirarmos esta dúvida!

EXPERIMENTO 1

Materiais e reagentes

- Água destilada;
- Bicarbonato de sódio;
- Vinagre ;

- Indicador verde de bromocresol (pH amarelo 3,8 - 5,4 azul);
- Espátula;
- Balança;
- Sistema composto por dois frascos com tampas conectados a uma mangueira (**Fornecido pelo professor**).
- Bico de bunsen;
- Tela de amianto com suporte;

Procedimento 1

Utilizando o sistema fornecido pelo professor, adicione ao recipiente maior 200 mL de vinagre. Já na extremidade menor do sistema adicione 200 mL de água destilada e pingue cerca de 6 gotas de indicador verde de bromocresol agitando a solução, de modo que apresentará a coloração azul. Após a solução ser agitada, deverá ser fechada.

Em um papel descartável, adicione cerca de 0,2 g de bicarbonato de sódio. Neste papel o bicarbonato deverá ser enrolado em um tamanho que passe na extremidade do frasco contendo o vinagre.

Após preparar o bicarbonato, rapidamente o adicione dentro do frasco contendo vinagre, fechando com a tampa. Observe

O que está acontecendo no frasco maior? Ocorreu alguma alteração na cor da solução dentro do frasco menor? O que isto indica? Justifique sua resposta

R:

Faça o mesmo procedimento com 3 g de bicarbonato de sódio, e posteriormente para 6 g. Em cada concentração de bicarbonato a ser utilizado, observe a coloração da solução justificando suas respostas. Por que a solução apresenta várias tonalidades após utilizar diferentes concentrações?

Procedimento 2

Leve à solução que tenha maior concentração de ácido carbônico, colocando para aquecer utilizando o bico de Bunsen com suporte e tela de amianto.

O que acontece com a cor da solução após o aquecimento? Justifique sua resposta

R:

EXPERIMENTO 2

Materiais e reagentes

- Água potável;
- Canudo plástico;
- Indicador azul de bromotimol (pH amarelo 6,0 - 7,6 azul);
- Béquero

Procedimentos

Em um béquer contendo 200 mL de água potável, adicione cerca de 3 gotas do indicador azul de bromotimol.

Com um canudo plástico assopre a solução até modificar a coloração por completo. O que está acontecendo no béquer? Ocorreu alguma alteração na cor da solução? Justifique sua resposta.

Referências:

LIMA, A. C. S; AFONSO, J. C. A Química do refrigerante. **Química nova na escola**, v. 31, n.3, p. 210-214, 2009.

APÊNDICE 8

MONTAGEM DO SISTEMA

Serão necessários os seguintes materiais para a elaboração deste sistema: garrafa pet de 2 L com tampa, 1 pote de maionese com tampa, 1 metro de mangueira $\frac{3}{4}$, 2 emendas de mangueira $\frac{3}{4}$, durepox, 1 seringa de 5 mL, meio metro de mangueira de aquário e 1 tampa de pasta de dente conforme mostra a Figura 1.



Figura 1: Materiais necessários para o sistema
Fonte: Autoria própria.

Instruções para a montagem do sistema:

1-Recorte a tampa da garrafa pet de modo que caiba a emenda da mangueira. Com o durepox cole a emenda na tampa de maneira eficiente vedando qualquer saída de ar. Lembrando que a rosca da tampa deve funcionar normalmente, pois a garrafa deverá ser fechada durante a prática, conforme mostra a Figura 2, apresentada na página 129.

2- Na tampa do pote de maionese faça um furo de modo a encaixar a emenda de mangueira. Com o durepox cole a emenda na tampa de maneira eficiente vedando qualquer saída de ar. Faça outro furo na tampa do pote de maionese de modo que encaixe a ponta da seringa. Com o durepox cole a seringa na tampa de maneira eficiente vedando qualquer saída de ar, a seringa servirá como uma saída de ar de emergência, caso o sistema acumule muita pressão.

3-Em uma tampa de pasta de dente faça um furo de modo que passe a mangueira de

aquário por dentro da tampa. Com o durepox cole a mangueira passando por dentro do furo, direcionando a mangueira para baixo da parte externa da tampa. Cole a parte interna da tampa junto à emenda.

4-Conecte a mangueira 3/4 nas duas extremidades externas, a do pote de maionese e da tampa da garrafa pet, de modo a unir os dois sistemas. Pronto, o seu sistema já pode ser utilizado.



Figura 2: Montagem do sistema
Fonte: Autoria própria

APÊNDICE 9

TEXTO 3

JOHN DALTON E A PROPOSIÇÃO DO MODELO

ATÔMICO CORPUSCULAR

A obra de John Dalton (1766- 1844) é um marco para a história da química. Este nasceu em 6 de dezembro de 1766 na aldeia de Eaglesfield, em Cumberland, a região mais ao norte da Inglaterra, sendo um dos 6 filhos de Joseph e Deborah Dalton. Seu pai era tecelão e agricultor, pertencia assim como seu o filho (Dalton) a comunidade religiosa quakers (grupo religioso com origem no movimento protestante britânico do século XVII), o que explica a simplicidade e vida espartana do pai da teoria atômica (MARR, 2011).

Dalton realizou seus primeiros estudos na escola da aldeia, realizando em 1777 o curso de navegação e mensuração. Já em 1778 a 1780 lecionou em uma escola quakers em Cumberland, e depois em Kendal com seu irmão, passando suas horas de lazer estudando latim, grego, francês, matemática e filosofia natural. (MARR, 2011).

Suas aulas eram consideradas cansativas e, como não é de surpreender, tinha problemas de disciplina com alunos mais velhos que ele próprio. Poucos eram sensíveis o bastante para perceber seu entusiasmo que, uma vez despertado, tornava-se obsessivo.

Dalton começa a estudar meteorologia, quem imaginava que aquele menino tornou-se obcecado por registrar os mínimos detalhes do tempo a cada dia. Apesar de ser cego para cores, seu interesse em fenômenos meteorológicos o levou a descrever a aurora boreal (STRATHERN, 2002).

Em 1793 mudou-se para Manchester para lecionar Matemática e Filosofia Natural no New College a pedido de seu amigo, o filósofo John Gough (1757-1825).

Um ano após sua chegada em Manchester, Dalton começou a lecionar química, principalmente utilizando como referência o livro texto *Elements of Chemistry* – tradução inglesa do tratado de Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794).

Conforme Viana (2007), quando Dalton começa a ensinar química, ele tem a necessidade de estudar e compreender profundamente o trabalho de Lavoisier. Esses conhecimentos adquiridos serão de grande importância para a consolidação de sua teoria atômica.

Em 1794 tornou-se associado da Manchester Literary and Philosophical Society, entidade fundada em 1781 pelo médico e aluno de Joseph Blake, Thomas Percival (1740-1804), sociedade atuante até os dias de hoje.

Na Manchester Literary and Philosophical Society, Dalton foi secretário de 1800-1816, e presidente de 1817 a 1844, apresentando cerca de 116 trabalhos científicos publicados no periódico *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, fundado em 1785 e ainda hoje publicados.

A sede da sociedade foi destruída em dezembro de 1840 nos bombardeios a Manchester, destruindo grande parte dos escritos e instrumentos científicos de Dalton.

Considerado um grande pesquisador, Dalton foi um hábil formulador, realizando uma variedade de pesquisas e estudos. Sua precisão de dados empíricos derrubou a falsa ideia de que não teria sido um bom químico.

Em assuntos científicos era Autodidada, recebendo no fim da vida o título doutor honoris causa, das universidades de Oxford e Edimburgo.

Dalton permaneceu solteiro, assim como Joseph Black, mesmo se encantando por mulheres de espírito superior. Foi membro da Royal Society e das academias de Berlim, Paris e Munique.

Foi homenageado com uma estátua de mármore do escultor Sir Francis Chantrey (1781-1841) para a Manchester Society, hoje na prefeitura de Manchester. Outra homenagem que recebeu foi um painel feito por Ford Maddox Brown (1821- 1893) retratando Dalton coletando gás dos pântanos no Lake District conforme mostra a Figura 1.



Figura 1: Dalton coletando Gás no pântano.

Fonte: <https://iamachild.wordpress.com/tag/john-kay/>.

Dalton sofreu de paralisia em 1837 e 1838, morrendo em Manchester em 27 de julho

de 1844 aos 77 anos. Seu enterro reuniu cerca de 40.000 pessoas, homenagem até então que nenhum cientista havia recebido. Os materiais de pesquisas de Dalton foram confiados a W.C. Henry, e este os doou a Manchester Society.

Como vimos anteriormente a importância da lei de Henry foi rapidamente reconhecida por Dalton, que a relacionou com sua primeira lei das misturas gasosas juntamente com um modelo mecânico de dissolução de um gás em água.

Segundo Viana (2007) Dalton no início de 1803 estudava sobre o arranjo das partículas de gás dissolvido na superfície de água. Ele estava prestes a criar um modelo de um gás dissolvido em água fundamentado nas características mecânicas esferas que estariam agrupadas e próximas umas das outras.

Quando Dalton considera a solubilidade como um fenômeno de caráter mecânico, a solubilidade dos gases passa a ser dependente apenas da natureza dos gases dissolvidos e da sua pressão, assim os gases se difundiriam pelos poros da água (VIANA, 2007).

Durante a maior parte do ano de 1803, Dalton se concentrou em conciliar o fenômeno da solubilidade dos gases em água com um sistema mecânico, que era fundamentado na teoria atomista inspirada pelas concepções newtonianas que ele acreditava existir (VIANA, 2007).

Expondo seu trabalho sobre solubilidade dos gases publicado em 1805 denominado “On the Absorption of Gases by Water and Other Liquids”, Dalton procura classificar a solubilidade dos gases de acordo com suas frações de solubilidade (Quadro 1) realizadas a partir de uma brilhante relação matemática.

Se uma quantidade de água, livre de ar, for agitada em presença de qualquer tipo de gás que não se una quimicamente com a água, ela absorverá uma massa de gás igual à sua própria, ou então uma parte dela, igual a uma das seguintes frações, a saber: $1/8$, $1/27$, $1/64$, $1/125$, etc. – sendo estas frações os cubos dos recíprocos dos números naturais 1, 2, 3, etc., ou seja, $1/1$, $1/2^3$, $1/3^3$, $1/4^3$, etc. O mesmo gás será sempre absorvido de acordo como se mostra na tabela a seguir (DALTON, 1805 apud VIANA ; PORTO, 2007, p.8)

Volume absorvido	Exemplos
$1/1^3$	Gás carbônico, hidrogênio sulfuretado (ácido sulfídrico), óxido nitroso
$1/2^3 = 1/8$	Gás oleificante (eteno), gás dos químicos holandeses (1,2-dicloro-etano)
$1/3^3 = 1/27$	Oxigênio, gás nitroso (NO), hidrogênio carburetado (metano)
$1/4^3 = 1/64$	Nitrogênio, hidrogênio, gás carbônico
$1/5^3 = 1/125$	Nenhum ainda descoberto

Quadro 1: Pesos relativos de gases e outros corpos
Fonte: Extraído de MARR, 2011, p.198

Segundo o próprio Dalton, a relação envolvendo o peso relativo e o número de partículas últimas do gás era algo totalmente novo na química (MARR, 2011).

Procurando explicar os diversos valores de solubilidade, foi investigado por Dalton se as diferentes massas dos átomos não seriam o motivo para estas variações:

A maior dificuldade para contemplar a hipótese mecânica provém do fato de diferentes gases observarem diferentes leis. Por que a água não admite a mesma quantidade de qualquer tipo de gás? Esta questão eu tenho considerado devidamente, e embora ainda não ser capaz de me satisfazer completamente, estou quase persuadido de que essa circunstância depende do peso e do número das partículas últimas dos diversos gases: aquelas cujas partículas são mais leves e simples são menos absorvíveis, e as outras são mais, conforme aumentam em peso e complexidade. [Nota de rodapé: Experiência subsequente mostra ser essa conjectura pouco provável]. Uma investigação acerca dos pesos relativos das partículas últimas dos corpos é um assunto até onde sei, inteiramente novo: tenho ultimamente prosseguido nessa investigação com notável sucesso. O princípio não pode ser apresentado neste artigo, mas acrescentarei apenas os resultados, do modo como eles parecem ser determinados por meus experimentos (DALTON, 1805 apud VIANA; PORTO, 2007, p.8).

Desta forma, após a publicação desta afirmação a tabela de massas atômicas relativas foi impressa e divulgada em seu artigo em 1805, conforme mostra o Quadro 2.

	Massa Atômica
Azoto	4,2
Carbono	4,3
Amônia	5,2
Oxigênio	5,5
Água	6,5
Fósforo	7,2
Óxido nitroso	13,66
Gás Nitroso	9,66
Ácido nítrico (dióxido de nitrogênio)	15,32
Óxido de carbono gasoso	10,2
Ácido carbônico (dióxido de carbono)	15,8
Ácido sulfuroso (dióxido de enxofre)	22,66
Ácido sulfúrico (anidrido sulfúrico)	28,32
Hidrogênio fosforado (fosfina)	8,2
Gás nitroso	9,3
Éter	9,6
Óxido de carbono gasoso	9,8
Óxido nitroso	13,7
Enxofre	14,4
Ácido nítrico	15,2
Hidrogênio sulfurado (sulfeto de hidrogênio)	15,4
Ácido carbônico	15,3
Álcool	15,1
Ácido sulfuroso	19,9
Ácido sulfúrico	25,4
Hidrogênio carburado (metano)	6,3
Gás olefiante (etileno)	5,3

Quadro 2: Valores contidos na tabela de massas atômicas relativas de Dalton

Fonte: Adaptado de VIANA, 2007, p. 54.

Para registrar seus resultados sobre os átomos simples e compostos Dalton precisou de símbolos. Porém a simbologia proposta pelos alunos de Lavoisier em 1787 não teve muita aceitação por parte da sociedade científica, deste modo Dalton cria seus próprios símbolos com formatos circulares de diferentes aspectos conforme ilustra a Figura 2 (MARR, 2011).

Todos os estudos e experimentos sobre gases, executados por Dalton com bastante precisão nos laboratórios, serviram como dados importantes para a elaboração de seu atomismo, como também para o estudo precursor da Físico-Química (MARR, 2011).



Figura 2: Representação simbólica de Dalton

Fonte: Adaptado de <http://www.biologianet.com/upload/conteudo/images/2014/09/atomos-de-dalton.jpg>

Como vimos anteriormente, Dalton considera que a existência de diferentes massas atômicas seria o motivo dos gases apresentarem diversas solubilidades. Em seguida em uma nota sua de rodapé ele acredita que esta hipótese seria a menos provável, ou seja, temos uma contraditória nas próprias afirmações de Dalton resultando questionamentos sobre a origem de sua teoria atômica (VIANA; PORTO, 2007).

Na opinião do historiador Nash (1956) a grande ponderação acerca das complexas partículas gasosas foi o ponto de partida para construir uma teoria atômica quantitativa (VIANA; PORTO, 2007).

Porém a grande importância deste fato contém algumas evidências que devem ser consideradas. A primeira delas é que o artigo de Dalton sobre os estudos de gases foi lido mediante a Literary and Philosophical Society de Manchester em 1803, contudo foi a público apenas em 1805.

O texto original publicado contém provas de que foram modificados comparados ao de 1803. Dentro da afirmação contraditória do rodapé de Dalton sobre a hipótese não ser a mais provável, Dalton não teria problemas de mudar suas afirmações, pois o mesmo era o próprio editor da revista Memórias da Sociedade, que publicava os artigos, assim poderia escolher quais conteúdos e artigos podiam ser publicados (VIANA; PORTO, 2007).

Surgiu a necessidade de desenvolver um modelo para que Dalton fosse capaz de

determinar as massas atômicas relativas. Este modelo teria que explicar as combinações químicas, além de beneficiar a suposição de formulas para os compostos químicos.

Utilizando uma mistura de oxigênio e hidrogênio Dalton buscou explicar as combinações químicas, alegando que ocorreria a repulsão entre os átomos de oxigênio e hidrogênio, resultando uma condição equilíbrio na mistura dos gases.

Contudo se acaso acabasse este equilíbrio por alguma situação, aconteceria uma transformação resultando na união entre os átomos de hidrogênio e oxigênio. Para ocorrer esta união era necessário um estímulo como, por exemplo, uma faísca elétrica.

Assim, após a combinação entre oxigênio e hidrogênio, encontraríamos uma mistura formada de vapor de água e oxigênio.

Segundo Viana e Porto (2007) na possibilidade de continuarmos com as transformações químicas encontraríamos um agrupamento de pares obedecendo assim chamada de regra da máxima simplicidade:

Caso fosse possível dar prosseguimento as transformações, os átomos de água e de oxigênio poderiam agora se agrupar em pares. No modelo proposto por Dalton, as interações aconteceriam na sequência de um para um, obedecendo a assim chamada regra da máxima simplicidade (VIANA ; PORTO, 2007 , p.9)

Dalton segundo sua regra da máxima simplicidade teria vários tipos de combinações possíveis, essas chamadas de lei das proporções múltiplas.

Sendo esta lei, quando dois corpos A e B se combinam, suas combinações ocorrem na seguinte sequência:

- 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 desenvolve um modelo combinatório baseado em uma combinação preferencial 1:1 chamada de regra da máxima simplicidade, tornando possível propor formulas químicas:

1) quando só é possível uma combinação entre dois corpos, deve ser presumida uma combinação binária, a não ser que outras causas exijam o contrário. 2) quando são possíveis duas combinações, uma será binária e a outra ternária. 3) quando são possíveis três combinações, uma será binária, as outras ternária. 4) quando são possíveis quatro combinações, uma será binária, duas ternárias e uma quaternária. 5) um composto binário é sempre mais denso do que a simples mistura dos dois ingredientes. 6) um composto ternário será mais denso do que a mistura do composto binário e do composto simples que o formariam. 7) as regras e observações acima também se aplicam quando dois corpos, como C e D, D e E, etc, se combinam (MARR, 2011, p.202).

Desta forma haveria vários tipos de geometrias que dependeriam da quantidade de átomos combinados, e estes estariam dispostos de uma maneira que evitasse a repulsão entre as partículas (VIANA; PORTO, 2007).

É um motivo de grande discussão por parte dos historiadores sobre a data em que a lei das proporções múltiplas foi proposta, acreditam que pode ter sido elaborada antes de 1803 ou após este ano. Mas o que se pode afirmar é que o modelo de combinações químicas proposto por Dalton foi elaborado mediante a teoria das misturas gasosas. (VIANA; PORTO, 2007).

A consequência da hipótese de Dalton torna indiscutíveis as noções de proporção e combinações de unidades discretas, porém coloca em debate uma questão: Qual seria a formula correta? Os equivalentes químicos permitiam fazer relações entre corpos simples. Os átomos constituintes exigiam um número: Quantos átomos teriam um composto? Como determinar a proporção exata de átomos de hidrogênio que se unem com oxigênio? (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

Para propor a primeira tabela de massas atômicas foi utilizado o mecanicismo para sugerir as formulas de átomos compostos provenientes das combinações químicas. Além das formulas foi empregada às proporções de massas envolvidas nestas combinações (VIANA; PORTO, 2007).

Na época de Dalton, alguns autores já haviam publicado em suas obras alguns valores de massas atômicas relativas. Ele tinha conhecimento das análises de Lavoisier para a água, formada por 85% de oxigênio e 15% de hidrogênio em massa.

Conhecia também as análises feitas por Austin para a amônia, formada por 80% de nitrogênio e 20% de hidrogênio em massa, também possuía os valores de Chenevix sobre o anidrido sulfúrico composto por 61,2 % de enxofre e 38,8% de oxigênio em massa. Dalton também tinha tomado posse dos experimentos de Lavoisier sobre a formação de óxidos de carbono (VIANA; PORTO, 2007).

Assim Dalton tinha em mãos uma variedade de valores que apontavam as proporções nas reações de formação das substancias por ele estudadas.

Partindo destes valores, Dalton determina entre as substancias sua respectiva massa atômica relativa, que era mediada pela regra da máxima simplicidade. Se recordarmos, o motivo que Dalton investigava em ser a causa das diferentes solubilidades era justamente a diferença de massa entre os elementos!

Desta maneira as combinações sucessivas entre os átomos ocorreriam na proporção 1:1, resultando em fórmulas químicas que indicavam as proporções de massas ocorridas nas

transformações macroscopicamente observadas (VIANA; PORTO, 2007).

Seguindo esta regra, por exemplo, as proporções de massa em água analisadas por Lavoisier, a água apresentaria uma proporção em massa de 15 g de hidrogênio e 85 g de oxigênio, ou seja, a proporção seria 1 g de hidrogênio para 5,66 g de oxigênio.

Utilizando a regra da máxima simplicidade Dalton constatou que um átomo composto de água era formado por uma combinação de um átomo de oxigênio com um átomo de hidrogênio. Percebendo que em várias reações o hidrogênio sempre estava em menor proporção em massa comparado aos demais.

Dalton assumiu então que o hidrogênio seria o átomo padrão atribuindo a massa atômica igual 1. Desse jeito o átomo de oxigênio deveria ter uma massa atômica relativa igual a 5,66. Já para a amônia seguindo este raciocínio teria uma proporção de massa utilizando os dados de Austin (20 g de hidrogênio para 80 g de nitrogênio) seria de 1 g de hidrogênio para 4 g de nitrogênio. Logo o nitrogênio teria uma massa atômica igual a 4.

Partindo dessas massas atômicas relativas, principalmente o oxigênio que estava presente na maior parte dos elementos, Dalton calculou a massas atômicas de outros compostos (VIANA; PORTO, 2007).

Se por acaso fossem encontradas outras substancias formadas por átomos de oxigênio e hidrogênio, ou átomos de nitrogênio e oxigênio além de água e amônia, deveriam ser obedecidos à lei das proporções múltiplas, conforme mostra a Figura 3.

Assim, conforme a simbologia de Dalton suas formulas seriam constituídas por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (ou nitrogênio) ou por dois átomos de oxigênio (ou nitrogênio) e um de hidrogênio respectivamente.

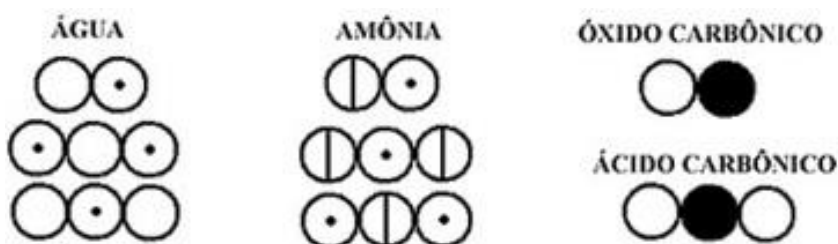


Figura 3: Representação dos átomos compostos de água e outras partículas que poderiam ser formadas obedecendo à lei das proporções múltiplas.

Fonte: Adaptado de <http://www.biologianet.com/upload/conteudo/images/2014/09/atomos-de-dalton.jpg>.

Dalton conseguiu explicar as várias proporções em massas envolvidas na síntese dos óxidos utilizando as massas atômicas relativas do nitrogênio e oxigênio após reproduzir o experimento de Cavendish⁷ (VIANA; PORTO, 2007).

⁷ Em setembro de 1803, Dalton teria realizado o experimento de Cavendish da reação de nitrogênio e oxigênio sobre um álcali mediante uma

Conforme descreve Dalton, quando 57,9 g de oxigênio reagem com 42,1 g de hidrogênio formaria o gás nitroso. Considerando os valores de massas atômicas relativas atribuídas por Dalton utilizando o hidrogênio como padrão, temos que a massa atômica relativa do hidrogênio é igual a 1 do oxigênio igual a 5,66 e nitrogênio igual a 4.

A partir destes valores, a síntese do gás nitroso em proporção seria de (57,9 / 5,66) de oxigênio para (42,1 / 4) de nitrogênio, aproximadamente 1:1. Portanto obedecendo a regra da máxima simplicidade este composto seria formado por um átomo de nitrogênio e um de oxigênio (VIANA; PORTO, 2007).

O óxido nitroso considerando o mesmo raciocínio seria formado por dois átomos de nitrogênio e um átomo de oxigênio. Já o gás ácido nítrico seria formado por um átomo de nitrogênio e dois átomos de oxigênio.

A existência de vários óxidos de nitrogênio é um grande exemplo prático a ser considerado da aplicação da lei das proporções múltiplas.

Outros compostos que Dalton percebeu a aplicação da lei das proporções múltiplas foram os hidrocarbonetos. O metano, por exemplo, chamado naquela época de gás hidrogênio carburado seria formado por um átomo de carbono e dois de hidrogênio. Já o gás etileno, chamado de gás oleificante seria formado por um átomo de carbono e um de hidrogênio.

Segundo Marr (2011) Dalton neste mesmo estudo determina experimentalmente às densidades de diferentes gases (Quadro 2) e também a composição do ar atmosférico (Quadro 3).

Gás	Valores de Dalton	Valores atuais
Ar atmosférico	1,000	1,000
Nitrogênio	0,996	0,9669
Oxigênio	1,127	1,1044
Gás carbônico	1,500	1,5189
Vapor d' água	0,700	0,6218
Hidrogênio	0,077	0,0696

Quadro 2: Densidades relativas dos gases.

Fonte: Extraído de MARR, 2011, p.197.

Gás	Peso dos gases (polegadas de Hg)	% Em peso	% Em volume
Nitrogênio	23,36	75,55	78,21
Oxigênio	6,18	23,32	20,69
Vapor de água	0,44	1,03	1,47
Gás carbônico	0,02	0,10	1,30
SOMA	30,00	100,00	101,67

Quadro 3: Composição do ar atmosférico segundo Dalton.

Fonte:Extraído de MARR, 2011, p.198.

Deste modo, as bases teóricas e práticas da química e física dos gases em termos quantitativos estavam lançadas, tornando Dalton um dos precursores dos estudos quantitativos sobre gases (MARR, 2011).

A grande aplicabilidade da lei das proporções múltiplas foi declarada também por outros cientistas, como por exemplo de William Hyde Wollaston (1766-1828) declarou em 1808 que muitas de suas análises de sais obtidas pelas reações de neutralização poderiam ser explicadas por esta lei de Dalton.

Aos poucos Dalton foi incorporando sua teoria, propondo ideias que até então não faziam parte, como no caso das transformações químicas, afinidade química e também sobre o calórico defendido nas obras de Lavoisier.

Através das ideias de Lavoisier sobre o calórico, Dalton estabelece que cada átomo simples ou composto possuiria uma atmosfera de calórico em sua volta conforme mostra a figura 4.

A diferença de tamanho entre as atmosferas de calórico é que determinaria a repulsão entre átomos iguais como também a não interação entre átomos diferentes conforme mostra a Figura 5.

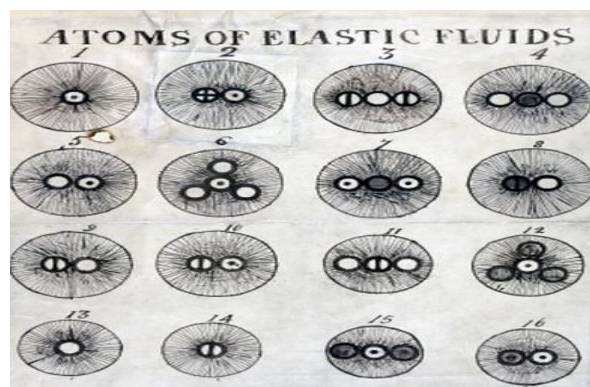


Figura 4: Esquemas representativos das “atmosferas” de calórico que circundariam os diferentes átomos.
Fonte: www.nmsi.ac.uk apud VIANA, 2007 p. 64.

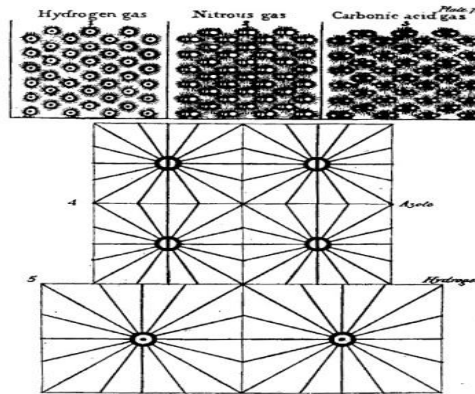


Figura 5: Esquemas representativos da repulsão entre as atmosferas de calor que circundariam cada átomo constituinte dos gases.

Fonte: PARTINGTON, 1962 apud VIANA; PORTO, 2007, p. 11.

Estas novas concepções provindas dos estudos sobre o calórico permitiram a Dalton atribuir que os átomos possuiriam diferentes tamanhos de acordo com a quantidade de calórico que estaria em sua volta, ou seja, quanto maior seu calor específico, maior será o átomo.

Deste modo os átomos possuiriam a capacidade de absorver calor em uma determinada temperatura. Seus diâmetros variariam de acordo com as condições de atração pelo calor, quem possuísse maior atração teria uma atmosfera mais densa e larga. Já aqueles com fraca atração teriam menor atmosfera e menor diâmetro (VIANA, 2007).

Estas mudanças em seu modelo atômico resultaram na segunda teoria das misturas gasosas que foi feita entre os anos de 1804 e 1805.

Para Viana e Porto (2007) a segunda teoria das misturas gasosas permitiu a Dalton estabelecer conexões entre as atmosferas calóricas dos átomos e suas massas:

Os calores específicos de pesos iguais de quaisquer dois fluidos elásticos, são inversamente proporcionais aos pesos de seus átomos ou moléculas... Os calores específicos de iguais quantidades de fluidos elásticos, são diretamente proporcionais a suas gravidades específicas, e inversamente proporcionais aos pesos de seus átomos (DALTON, 1964, p. 58 apud VIANA; PORTO, 2007, p.11)

Apesar de ser considerada atualmente incorreta, a segunda teoria das misturas gasosas era capaz de explicar as relações volumétricas que ocorriam em uma reação química.

Após análises feitas por outros cientistas conterrâneos de Dalton, em 1804 diversos valores de massas atômicas relativas foram recalculadas por Dalton, por exemplo, o nitrogênio passou para 5 e a amônia para 4,2.

Antes de Dalton publicar o seu livro "New System of Chemical Philosophy", Thomas Thomson, professor em Glasgow, divulga a ideia de Dalton e torna-se o principal divulgador de sua teoria, fazendo sua primeira exposição a público (BENSAUDE-VINCENT:

STENGERS, 1992).

Sua teoria finalmente foi divulgada em seu livro ‘‘New System of Chemical Philosophy’’ em duas partes: a primeira em 1808 Manchester /Londres e a segunda em 1810 também para Manchester e Londres, ganhando tradução na versão alemã em 1812/1813 (MARR, 2011).

Na obra New System of Chemical Philosophy foram publicados também o diagrama de representações atômicas para os elementos compostos conforme mostra a Figura 6 e a legenda (presentes da página 142).

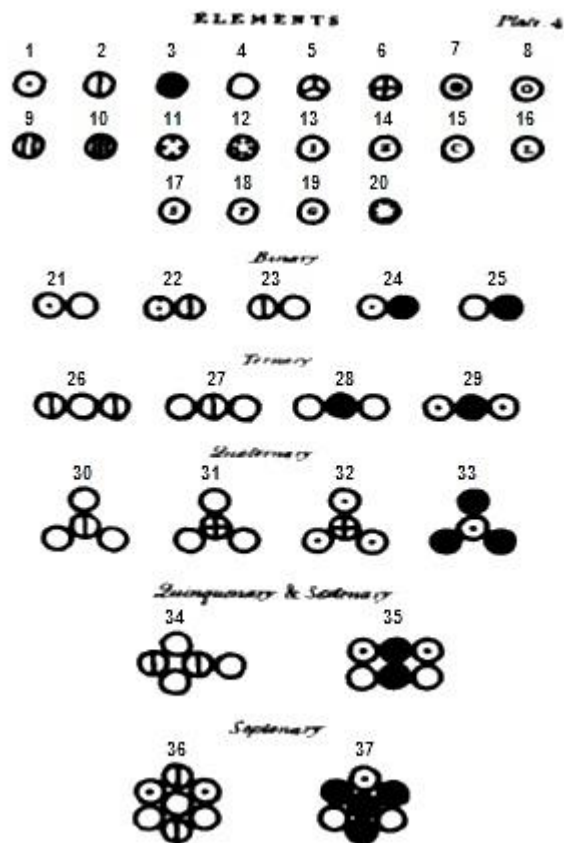


Figura 6: Diagrama representando os átomos de diferentes elementos e compostos.
Fonte: 1808 - Dalton, 1964 [1808] apud VIANA, 2007, p. 69.

Legenda Para a Figura 6

1. Hidrogênio	20. Mercúrio
2. Azoto	21. Um átomo de água (1 de oxigênio + 1 de hidrogênio)
3. Carbono ou carvão	22. Um átomo de amônia (1 de azoto + 1 de hidrogênio)
4. Oxigênio	23. Um átomo de gás nitroso (1 de azoto + oxigênio)
5. Fósforo	24. Um átomo de gás oleificante (1 de carbono + 1 de hidrogênio)
6. Enxofre	25. Um átomo de gás carbônico (1 de carbono + 1 de oxigênio)
7. Magnésia	26. Um átomo de óxido nitroso (2 de azoto + 1 de oxigênio)
8. Cal	27. Um átomo de ácido nítrico (1 de azoto + 2 de oxigênio)
9. Soda	28. Um átomo de ácido carbônico (1 de carbono + 2 de oxigênio)
10. Potassa	29. Um átomo de hidrogênio carburetado (1 de carbono + 2 de Oxigênio)
11. Estrôncia	30. Um átomo de ácido oxinítrico(1 de azoto + 3 de oxigênio)
12. Barita	31. Um átomo de ácido sulfúrico (1 de enxofre + 3 de oxigênio)
13. Ferro	32. Um átomo de hidrogênio sulfuretado (1 de enxofre + 3 de hidrogênio)
14. Zinco	33. Um átomo de álcool (3 de carbono + 1 de hidrogênio)
15. Cobre	34. Um átomo de ácido nitroso (1 de ácido nítrico + 1 de gás nítrico)
16. Chumbo	35. Um átomo de ácido acetoso (1 de carbono + 2 de água)
17. Prata	36. Um átomo de nitrato de amônio (1 de ácido nítrico + 1 de amônia + de água)
18. Platina	37. Um átomo de açúcar (1 álcool + 1 de ácido carbônico)
19. Ouro	

Fonte: Extraído de MARR, 2011, p.204.

As leis de Dalton conhecidas como lei das proporções definidas, lei das proporções equivalentes e proporções múltiplas, chamadas de leis ponderais propostas ao longo da elaboração de sua teoria apontam o poder de explicação da teoria de Dalton.

A teoria atômica de Dalton é capaz de explicar mesmo que de forma superficial as combinações químicas mediante a aplicação da lei das proporções múltiplas, sendo os átomos quantificados através de uma brilhante relação de massas atômicas relativas (VIANA, 2007).

A Teoria Atômica de Dalton após a teoria de Lavoisier foi considerada como a pedra basilar da Química quantitativa.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química**. Landy Editora, São Paulo, 2005.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTAN, M. H. R.; PORTO, A. P. **Percursos de História da Química**. Coleção temas de História da Ciência, São Paulo, Editora Livraria da Física, 2016.

AUFFRAY, J. P. **O átomo**. Coleção biblioteca básica de ciência e cultura – Instituto Piaget, Lisboa, 1996.

BENSAUDE-VICENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Instituto Piaget, Lisboa, 1992.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química nova na escola**, n. 20, p. 38-44, 2004.

MARR, J. H. **História da Química - Segunda Parte - De Lavoisier ao sistema periódico**.

Florianópolis, Editora Papa-livro, 2011.

STRATHERN, P. Uma fórmula para a Química: In: _____. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da Química.** Rio de Janeiro: Zahar Editora, p. 208-217, 2002.

VIANA, H. E. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química.** 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de Dalton. **Química nova na escola**, n. 7, p. 4-12, 2007.

APÊNDICE 10

Nome: _____

*

EXERCÍCIOS

- 1- O que são modelos científicos? Eles representam a realidade?
- 2- É correto afirmar que a ciência é um conjunto de conhecimentos isolados e acabados? Explique.
- 3- O que significa a palavra átomo? Onde surgiu este conceito?
- 4- Os conceitos presentes no modelo atômico de Dalton foram postulados apenas por Dalton? Se não quais cientistas contribuíram para este modelo?
- 5- Quais conceitos Dalton estavam estudando que acabou resultando na proposição de seu modelo atômico?
- 6- Quem foi Willian Henry? Qual a sua importância no modelo atômico de Dalton?
- 7- Fale sobre a lei das pressões parciais e a primeira teoria das misturas gasosas.

8- Para que Dalton utilizou símbolos atômicos? Como ele organizou estes símbolos?

9- O que foi a lei das proporções múltiplas? O que ela afirma?

10- Comente sobre a segunda teoria das misturas gasosas

11- O que Dalton descobriu ao estudar o calórico?

* Esta lista de exercícios é apenas uma sugestão, ficando a critério de cada professor.

APÊNDICE 11

ATIVIDADE 4

Nome: _____

INTRODUÇÃO

Algum dia você já se perguntou que toda matéria encontrada na natureza é eletricamente neutra? John Dalton, por exemplo, pensava no conceito átomo como uma partícula indivisível e que não possuía cargas elétricas. No entanto, o modelo atômico de Dalton não era capaz de explicar a natureza elétrica da matéria, surgindo alguns questionamentos sobre este assunto: Se o átomo é considerado neutro, como podemos explicar o fato de alguns materiais conduzirem eletricidade?

Muitas substâncias ao serem atritadas conduzem eletricidade. Este fenômeno pode ser observado através de alguns experimentos.

EXPERIMENTO 1

Materiais

- Cachecol de Lã
- Bexiga

Procedimentos

- 1- Encha o balão e amarre;
- 2- Atrite o balão com o cachecol de lã (sempre em um único sentido, e não com movimentos

EXPERIMENTO 2 Materiais

- Pente
- Pedacos de papel

 Procedimentos

- 1- Aproxime o pente dos papéis picados e observe o que acontece;
- 2- Passe o pente em um cabelo limpo;
- 3- Aproxime novamente o pente dos pedacinhos de papel e registre o que acontece dessa vez.

O que foi observado? Como você explicaria o fenômeno evidenciado?

R:

Exercício

- 1- Proponha um modelo atômico diferente ao de Dalton, que seja capaz de explicar os fenômenos que acabaram de observar.

