

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA E A MATEMÁTICA**

WASHINGTON LOMBARDE

**A ALQUIMIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO 1º ANO DO
ENSINO MÉDIO APROVADOS PELO PROGRAMA NACIONAL DO
LIVRO DIDÁTICO: uma análise à luz da Historiografia Tradicional**

MARINGÁ - PR

2020

WASHINGTON LOMBARDE

**A ALQUIMIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO 1º ANO DO
ENSINO MÉDIO APROVADOS PELO PROGRAMA NACIONAL DO
LIVRO DIDÁTICO: uma análise à luz da Historiografia tradicional**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Neide Maria Michellan Kiouranis

**MARINGÁ - PR
2020**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

L841a

Lombarde, Washington

A alquimia nos livros didáticos de química do 1º ano do ensino médio aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático : uma análise à luz da historiografia tradicional / Washington Lombarde. -- Maringá, PR, 2020.

126 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Química, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, 2020.

1. Alquimia. 2. Livro didático - Química. 3. História da ciência. 4. Historiografia tradicional. I. Kiouranis, Neide Maria Michellan, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. III. Título.

CDD 23.ed. 540.112

WASHINGTON LOMBARDE

**A Alquimia nos Livros Didáticos de Química do 1º ano do Ensino
Médio aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático: *uma
análise à luz da Historiografia tradicional***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em *Ensino de Ciências e Matemática*.

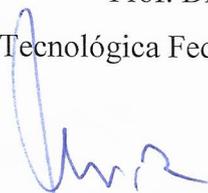
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis
Universidade Estadual de Maringá - UEM



Prof. Dr. Jaime da Costa Cedran
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR



Prof. Dr. Marcelo Pimentel da Silveira
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Maringá, 19 de Fevereiro de 2020.

Dedico este trabalho à minha família, meu alicerce, em especial, à minha mãe Ivani Ângela dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, sem ele, esse sonho não se tornaria possível.

Agradeço também à toda minha família principalmente a minha mãe, por seu apoio e ensinamentos e por ter acreditado no meu sonho.

Aos meus irmãos Bruna Daiane Lombarde, Wellington Lombarde, Bianca Lombarde e Sophia Mayumi Maruiti pelo apoio incondicional.

À minha orientadora, professora Neide Maria Michellan Kiouranis, pela sua paciência e por ter compartilhado comigo suas inúmeras experiências e seus amplos conhecimentos, guiando-me na execução deste trabalho.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Educação Química pelo apoio e reflexões educacionais.

Aos membros da banca Prof^ª. Dr. Jaime da Costa Cedran e Prof^ª. Dr. Marcelo Pimentel da Silveira por terem aceitado o convite e por enriquecerem este trabalho com suas brilhantes e certas contribuições.

Aos professores da pós-graduação em Educação para Ciência e a Matemática da UEM, que fizeram parte dessa etapa.

Aos colegas da pós-graduação por fazerem parte dessa etapa na minha formação em especial os amigos: Aline Gregorio, Anderson Moser, Ana Caroline Zampirolli, Ana Paula Aparecida dos Santos, Claudiane Chefer, Danilo Rosa, Deisiane Silva, Edson Ribeiro, Fernando Delabio, Gabriela Cher, Gabriela Oruê, Kleber Niro, Pedro Mazini, Renan Peres e Rosilene dos Santos Oliveira.

Ao meu amigo Leandro dos Santos que conheci durante a trajetória do mestrado, agradeço por toda sua ajuda e parceria.

À CAPES pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

À todos outros que não foram citados, mas de alguma forma contribuíram para essa conquista, aos meus sentimentos de gratidão.

Obrigado!

Quando entro em uma sala de aula devo estar sendo um ser aberto a indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos, a suas inibições, um ser crítico e inquiridor, inquieto em face da tarefa que tenho - a ele ensinar e não a de transferir conhecimento (FREIRE, 2007, p. 47).

RESUMO

LOMBARDE, Washington. **A Alquimia nos livros didáticos de química do 1º ano do ensino médio aprovados pelo programa nacional do livro didático: uma análise à luz da Historiografia Tradicional**, 2020. 126f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá. Orientadora: Neide Maria Michellan Kiouranis. Maringá, 2020.

A presente pesquisa se volta a um tema da História da Química, a Alquimia, que na maioria das vezes, não é estudado com o devido aprofundamento, herança da antiga historiografia, caracterizada como anacrônica, ou seja, o passado é visto através do presente, carregando a concepção de progresso da ciência. Em contrapartida, considerando a nova historiografia da ciência, é possível estudar como cada cultura e cada comunidade científica construíram suas formas de ver o mundo. A Alquimia se desenvolveu em contextos variados e em diversos lugares do mundo e os praticantes da “Grande Arte”, denominados alquimistas, tinham como principal objetivo, o alcance da “Grande Obra”. Em outras palavras, seria transformar metais menos nobres em ouro e prata e obter o elixir da longa vida, capaz de curar todos os males. A Alquimia, uma cosmologia que se manteve viva e atuante, sendo capaz de solucionar as dúvidas e anseios em relação à natureza, após sua ruptura abriu-se um longo e complexo caminho para a consolidação da Química como Ciência Moderna. Considerando a importância da Alquimia e seu contexto histórico, a presente pesquisa de natureza qualitativa teve como objetivo compreender como a Alquimia é explorada nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018. Para análise dos livros didáticos, selecionamos apenas o volume 1, por se tratarem de conteúdos relacionados a constituição à transformação da matéria, visto que os alquimistas se fundamentavam em explicar como a matéria era constituída e quais os processos envolvidos na sua transformação. Os livros didáticos foram identificados pelas letras LD, seguido por um código numérico, e utilizamos como critério, as marcas da historiografia tradicional apontados por Beltran *et al.* (2014). Pela análise realizada dos livros do volume 1, quais sejam: LD1, LD2, LD3, LD6, identificou-se características da perspectiva historiográfica tradicional, considerada por Beltran *et al.* (2014) ultrapassada, evidenciando que, de modo geral, não há importante valorização das perspectivas historiográficas modernas e atualizadas da História da Ciência. Por outro lado, em um dos livros, a Alquimia não é contemplada em nenhum capítulo do livro didático e apenas um deles não apresentou aspectos da antiga historiografia, evidenciando que os autores

buscaram inserir a nova historiografia da ciência. De modo geral, os livros didáticos analisados, fazem uma abordagem da Alquimia que carecem de informações históricas e ainda permeiam aspectos da antiga historiografia da ciência.

Palavras-chave: Alquimia. História da Ciência. Historiografia Tradicional. Livro Didático.

ABSTRACT

This dissertation turns to a theme of the History of Chemistry, Alchemy, which is generally not studied with due depth, inheritance from ancient historiography, characterized as anachronistic, that is, the past is seen through the present, carrying the concept of progress of science. On the other hand, considering the new historiography of science, it is possible to study how each culture and each scientific community built their ways of seeing the world. Alchemy developed in varied contexts and in different parts of the world, and the practitioners of the "Great Art", called alchemists, had as main objective the reach of the "Great Work". In other words, it would mean turning less noble metals into gold and silver, and obtaining the elixir of long life, capable of curing all ills. Alchemy, a cosmology that has remained alive and active, being able to solve doubts and anxieties in relation to nature, after its rupture, a long and complex path was opened for the consolidation of Chemistry as Modern Science. Considering the importance of Alchemy and its historical context, this qualitative study aimed to understand how Alchemy is explored in the textbooks approved by the 2018 National Textbook Program (PNLD) of 2018. For analysis of textbooks, we selected only volume 1, for dealing with contents related to the constitution and transformation of matter, since the alchemists stopped to explain how the matter was constituted and what are the processes involved in its transformation. The textbooks were identified by the letters LD, followed by a numeric code, and we used as a criterion the marks of traditional historiography pointed out by Beltran *et al.* (2014). By analysing the books in volume 1, which are: LD1, LD2, LD3, LD6, characteristics of the traditional historiographical perspective, identified by Beltran *et al.* (2014) outdated, showing that, in general, there is no significant appreciation of modern and updated historiographic perspectives on the History of Science. On the other hand, in one of the books Alchemy is not included in any of its chapters and, only one of them, did not present aspects of the old historiography, showing that the authors sought to insert the new historiography of science. In general, the textbooks analysed make an approach to Alchemy that lacks historical information and still permeates aspects of the ancient historiography of science.

Keywords: Alchemy. History of Science. Traditional Historiography. Textbook.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação aristotélica em relação a posição dos quatro elementos.	20
Figura 2 - Os elementos aristotélicos e suas qualidades.....	21
Figura 3 - Indícios da Alquimia presente na abordagem dos conteúdos.	78
Figura 4 - Informação referente a Alquimia, presente no livro didático.	80
Figura 5 - <i>Box</i> com informação referente à Alquimia.	81
Figura 6 - <i>Box</i> referente a Alquimia relatando suas contribuições.....	86
Figura 7 - Conteúdo referente a Alquimia presente no LD3.	89
Figura 8 - Imagem dos alquimistas manipulando alguns utensílios.....	95
Figura 9 - Tópico dedicado a Alquimia.....	97
Figura 10 - Os símbolos da Alquimia, apresentado no LD6.	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das ciências de acordo com Roger Bacon.....	36
Quadro 2 – Comparação entre a antiga e a nova historiografia da ciência.	56
Quadro 3 - Trabalhos selecionados para esse estudo.	63
Quadro 4 - Livros didáticos aprovados pelo PNL D 2018.	70
Quadro 5 - Critérios de análise, para os livros didáticos selecionados.....	71
Quadro 6 - Frequência com que os aspectos históricos referentes à Alquimia são explorados no decorrer dos capítulos.....	75
Quadro 7 - Capítulos e seus respectivos temas, presentes no LD1.	77
Quadro 8 - Unidades e seus respectivos capítulos, presentes no livro didático LD2.	82
Quadro 9 - Unidades e seus respectivos capítulos, presentes no livro didático LD3.....	85
Quadro 10 - Conteúdos curriculares presentes no LD4.....	90
Quadro 11 - Conteúdos curriculares presente no LD5.	92
Quadro 12 - Conteúdos curriculares presente no LD6.	99
Quadro 13 - Livros didáticos analisado de acordo com as marcas da historiografia tradicional.	105

SUMÁRIO

Introdução.....	15
Capítulo 1: História da Alquimia: sua origem e contribuições	18
1.1 Origem, natureza e constituição da matéria.....	18
1.2 As práticas artesanais.....	21
1.3 A Alquimia e seu desenvolvimento em contextos variados em diversos lugares do mundo	26
1.3.1 A Alquimia Alexandrina	27
1.3.2 A Alquimia Islâmica.....	31
1.3.3 A Alquimia Chinesa	34
1.3.4 A Alquimia na Europa Medieval.....	34
1.3.5 Paracelsus e a Iatroquímica	38
Capítulo 2: Robert Boyle e a ruptura da Alquimia.....	42
2.1 Boyle e os caminhos para a Química Moderna	43
2.2 A ruptura do saber alquímico	46
Capítulo 3: História e Filosofia da Ciência e Ensino.....	49
3.1 Algumas perspectivas historiográficas	52
3.2 Reflexões sobre História da Ciência e Ensino.....	56
3.3 Alquimia e Ensino de Ciências: dissertações e teses disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.....	62
Capítulo 4: Caminhos Metodológicos	68
4.1 Fases da Análise	72
Capítulo 5: A análise dos Livros Didáticos do PNLD 2018.....	74
5.1 Análise do livro Ciscato <i>et al.</i> - química - Ciscato, Pereira, Chemello e Proti	76
5.2 Análise do livro de Fonseca - Química: ensino médio.....	82
5.3 Análise do livro de Lisboa <i>et al.</i> - Ser protagonista: química ensino médio.....	85
5.4 Análise do livro de Mortimer e Machado - Química – ensino médio	90
5.5 Análise do livro de Novais e Antunes - Vivá: química - ensino médio	92
5.6 Análise do livro de Santos <i>et al.</i> - Química Cidadã: ensino médio	99
5.7 Reflexão acerca dos livros didáticos analisados.....	104
Capítulo 6: Considerações Finais	107
Referências	110
ANEXOS.....	120

Anexo 01 - Abordagem histórica do conteúdo encontrada no LD4.....	121
Anexo 02 - Abordagem histórica da teoria dos quatro elementos encontrada no LD4.....	122
Anexo 03 - Tópico dedicado a Alquimia presente no LD6.....	123
Anexo 04 - Abordagem do conteúdo referente a Alquimia presente no LD6.....	124
Anexo 05 - Episódio histórico presente no LD6.	125
Anexo 06 - Episódio histórico na abordagem dos conteúdos presente no LD6.....	126

Introdução

Se a História fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem de ciência que atualmente nos domina” (KUHN, 1962, p. 19).

A pesquisa foi influenciada pela disciplina História da Química, cursada durante a graduação no curso de Licenciatura em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde tive o primeiro contato com a Alquimia e, mesmo que de forma breve, a maneira como a prática alquímica era realizada pelos alquimistas despertou em mim certo fascínio.

No mestrado, as motivações para a sua realização foram: fazer um estudo mais aprofundado acerca da Alquimia, e poder contribuir para que a mesma seja estudada, evitando compreensões simplistas, ou até mesmo equivocadas, com uma coleção de erros e superstições. Nessa perspectiva, entendemos que os fatos e eventos históricos ocorridos ao longo do tempo, por determinadas épocas e cultura, devem ser estudados, sejam por nós acadêmicos, professores, pesquisadores, no sentido de entendermos a constituição dos critérios que deram formação à Ciência Moderna.

Diante desse contexto, dedicamos o presente trabalho a um tópico da História da Química, a Alquimia, a qual na maioria das vezes não é dada muito atenção por professores e alunos nos cursos de Química (BRIBIESCA; ROBLES, 2005). E também, os cursos de Química Geral, que nem sempre abordam as origens da Química, como constatado por Pardo (2002).

Começamos com alguns questionamentos: O que vem a ser a Alquimia? Uma sabedoria ou uma mântica¹? Uma teurgia² ou uma filosofia? Provavelmente não é uma teoria, mas será uma técnica? Caso fosse uma teoria, teria tido um começo histórico; se fosse uma técnica, sua origem se perderia nas trevas da pré-história. Podemos entender a Alquimia como uma forma de conhecimento que se manteve viva e atuante, capaz de solucionar as dúvidas e os anseios em relação à natureza (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

De acordo com Alfonso-Goldfarb (2001, p. 11), a Alquimia efetua uma ritualização mística em três tempos: “o da ‘negra morte’ da matéria, o de seu ‘alvo renascer’ e o de sua ‘rubra transmutação’ em ouro”. A Alquimia, também chamada de “Arte”, “Grande Arte”, ou “A Arte”, buscava o alcance da Grande Obra, isto é a transmutação dos metais menos nobres

¹ A expressão mântica refere-se a capacidade de prever o futuro.

² Refere-se a arte de fazer milagres, e também uma espécie de magia fundada em relações com os espíritos celestes (BUENO, 2007).

em metais nobres; e também visava a busca pelo elixir da longevidade, capaz de curar todos os males, inclusive a morte.

Nesse trabalho estudamos a Alquimia desde sua origem em Alexandria, por volta do século III a.C., até sua ruptura no mundo europeu, marcada por Robert Boyle, abrindo caminhos para a incorporação da Química como teoria científica.

Diante desse contexto, considerando a Alquimia um tópico importante da História da Química, a nova historiografia da ciência, deve ser estudada (Alquimia) com seriedade, assim, essa pesquisa buscou responder à seguinte questão de pesquisa: “*Como a Alquimia é abordada nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018?*”.

Como objetivo geral, o trabalho buscou compreender como a Alquimia é apresentada nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018.

Os objetivos específicos podem ser destacados como seguem:

- Realizar uma análise nos livros didáticos de química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018, em busca de possíveis conteúdos relacionados a Alquimia;

- Identificar se Alquimia apresentada nos livros analisados apresentam aspectos da historiografia tradicional.

Para responder à questão problema desta pesquisa e alcançar os objetivos propostos, esse trabalho se desenvolveu com base na estrutura que compõe os seguintes capítulos:

O Capítulo 1, ***História da Alquimia: um histórico de sua origem e contribuições***, considerando a perspectiva historiográfica internalista e externalista, apresentamos aspectos da História da Alquimia, desde sua origem em Alexandria e sua passagem em contextos variados e em diversos lugares no mundo.

No Capítulo 2, ***Robert Boyle e a ruptura da Alquimia***, centramos em apresentar os principais trabalhos de Robert Boyle que levaram a mudança de pensar, marcando, assim, a ruptura do saber alquímico.

No Capítulo 3, ***História e Filosofia da Ciência e Ensino***, são apresentadas algumas perspectivas historiográficas e algumas reflexões em relação à inserção da História da Ciência no ensino. A inserção desta abordagem no ensino pode ser um caminho para promover a criticidade em nossos estudantes.

O Capítulo 4, ***Caminhos Metodológicos***, diz respeito ao percurso metodológico da pesquisa e também aos critérios estabelecidos que nortearam a análise dos livros didáticos.

Já no Capítulo 5, *A Análise dos Livros Didáticos do PNLD 2018*, são apresentados e discutidos os resultados dessa pesquisa. Optamos por realizar a análise de cada livro didático individualmente, fazendo uma breve apresentação do livro em questão e, posteriormente, a análise.

Por fim, no Capítulo 6, *Considerações Finais*, são apresentadas as principais considerações obtidas da análise desenvolvida para este estudo.

Com essa pesquisa esperamos contribuir para que a Alquimia, de alguma forma, seja valorizada e estudada na Educação Básica e Superior, e que com o uso dos aspectos da historiografia atual o professor em sala de aula possa romper com perspectivas históricas dominantes que continuam a valorizar uma história linear e progressista.

Capítulo 1: História da Alquimia: sua origem e contribuições

Enquanto as leis da natureza existem independentemente de nós, dos modos que escolhemos concebê-los, explorar ou não explorá-los, descrevê-los ou não, ou seja, a ciência, é muito humana, caso cheio de todas as complexidades e simplicidades, erros e idéias, mesquinhez e nobreza que costuma participar da atividade humana. E, com certeza, a Alquimia forma uma parte importante dessa história (PRINCIPE, 2011, p. 312, tradução nossa).

Estrutura do Capítulo

Capítulo 1: História da Alquimia: sua origem e contribuições

1.1 Origem, natureza e constituição da matéria

1.2 As práticas artesanais

1.3 A Alquimia e seu desenvolvimento em contextos variados em diversos lugares no mundo

1.3.1 A Alquimia Alexandrina

1.3.2 A Alquimia Islâmica

1.3.3 A Alquimia Chinesa

1.3.4 A Alquimia na Europa Medieval

1.3.5 Paracelsus e a Iatroquímica

Nesse capítulo nos centramos em alguns aspectos da História da Alquimia, desde sua origem em Alexandria, sua passagem em contextos variados e em diversos lugares no mundo. Embora vários autores contribuíram para a escrita deste capítulo, a autora Ana Maria Alfonso Goldfarb, principalmente as suas obras “Da Alquimia à química” e “Percurso de História da Química”, foram fundamentais. Por meio da nova historiografia é possível estudar a Alquimia com novas compreensões, seu desenvolvimento e seu lugar na sociedade, além disso, os alquimistas não podem ser descartados como fabricantes de processos imaginados, meros empíricos ou fraudes (PRINCIPE, 2011). A antiga historiografia nos levou a um afastamento da Alquimia, encarada como uma pseudociência, visão essa enraizada no “século XVIII e aprimorada pelo positivismo, progressivo e *a priori* do século XIX e início do século XX” (PRINCIPE, 2011, p. 311, tradução nossa).

1.1 Origem, natureza e constituição da matéria

As origens do pensamento científico, necessários para a evolução humana, deu-se no ocidente há 2500 anos, na Grécia antiga, sendo a primeira manifestação de pensamento atribuída a Tales de Mileto (624 a.C. – 544 a. C.). Para ele, a água seria o princípio primordial

responsável pela multiplicidade dos seres vivos e pela origem dos demais elementos da natureza (OKI, 2002; MAAR, 2008; STRATHERN, 2002).

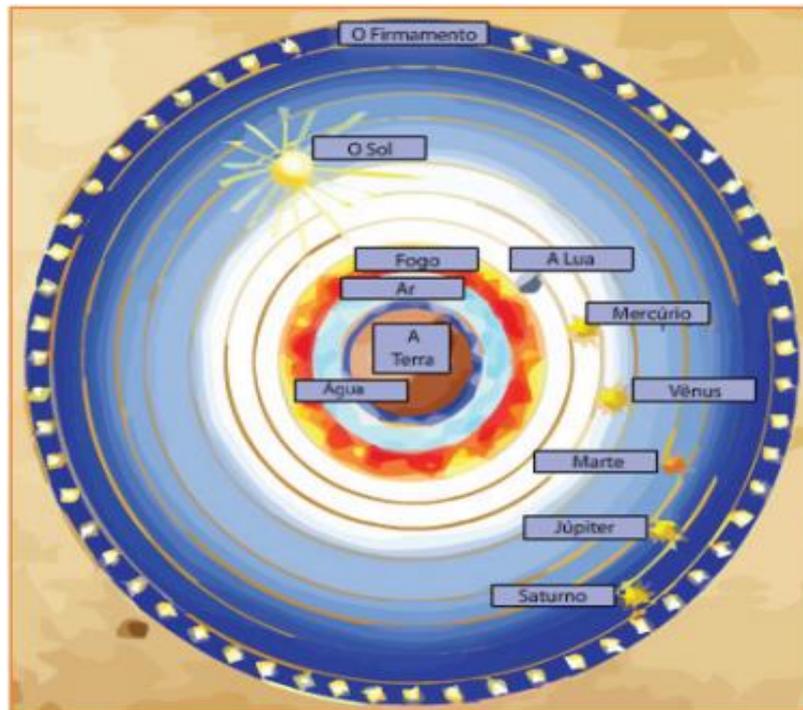
Para Anaximandro (610 a.C. – 546 a.C.), discípulo e sucessor de Tales, a água não seria o princípio primordial como acreditava o mesmo, mas sim o “*apeiron*”, palavra grega que significa um princípio eterno, ilimitado e imaterial (OKI, 2002). Tal princípio “[...] é uma espécie do todo em equilíbrio, com proporções diversas de vários elementos constituindo esse todo: sempre que algo perturba este equilíbrio, intervém o *apeiron* e o restaura” (MAAR, 2008, p. 27).

Maar (2008) cita que Anaxímenes (c.585 a.C.-c.525 a.C.) passa a ver o mundo de forma mais concreta, acreditando que o ar seria o princípio fundamental e dele resultaria a formação dos demais elementos. Enquanto para Anaxágoras (c.500 a.C. Clazomene – c. 428 a.C. Lâmpsaco), o espírito chamado de *nous* (termo grego que pode ser traduzido por "mente", "espírito" ou "inteligência") seria o princípio fundamental, um espírito encarado como uma substância que se soma as outras existentes, o que poderia ser uma possível manifestação do vitalismo. Segundo Anaxágora, este espírito coordena processos como a separação. Já Heráclito (c. 540 a.C. - c. 480 a.C.), com uma visão um pouco diferenciada dos seus antecessores, o eterno e o imutável é a transformação, sendo o fogo o agente desta.

Ao invés de propor um elemento único como os demais, Empédocles (c.490 a.C. – c.430 a.C.) propôs que todos objetos e seres são compostos por proporções diferenciadas dos quatro elementos: Terra, Água, Ar e Fogo. Assim, a teoria dos quatro elementos prevê que todas as substâncias são formadas pela combinação desses elementos e nada mais poderia existir além deles (OKI, 2002; MAAR, 2008).

Para a explicação da natureza, Aristóteles adota a teoria dos quatro elementos mencionados, propondo ainda a existência de um quinto elemento ou “quintessência”, que seria o éter, o qual permeava toda a matéria (MAAR, 2008). Aristóteles trouxe contribuições praticamente em todos os campos da filosofia natural, da botânica à geologia e da psicologia à zoologia, destacando-se na invenção da lógica. Para ele, cada um dos elementos tem seu devido lugar (Figura 1), isto é, a Terra estaria no centro, em seguida a Água, acima estava o Ar, e acima vinha o Fogo. Enquanto o quinto elemento, o Éter explicaria os movimentos em relação ao sol, a lua e as estrelas (STRATHERN, 2002).

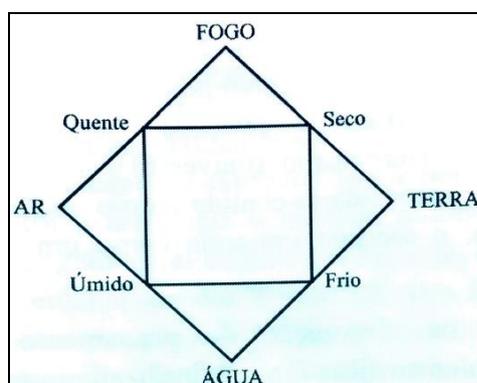
Figura 1 - Representação aristotélica em relação a posição dos quatro elementos.



Fonte: Archer; Welikson; Neves (2017, p. 6).

Além de acreditar na existência desses cinco elementos, Aristóteles considera a matéria como um substrato amorfo que, ao infundir-se de qualidades imateriais, daria origem aos elementos da natureza. Portanto, cada elemento apresentaria, predominantemente, suas próprias qualidades, ou seja, ao fogo seria atribuída as características referentes ao “quente” e “seco”, o ar ao “úmido” e “quente”, a água ao “frio” e “úmido”, e a terra ao “seco” e “frio”, conforme é apresentada na Figura 2. Assim, percebe-se que cada par de elementos estaria relacionado por uma qualidade comum, o que por sua vez possibilitaria aos elementos se transformarem uns nos outros. Com base nessas considerações, seria possível transformar terra em água, água em ar, ar em fogo e fogo em terra (FEDERMANN, 1972; ROBLES; BRIBIESCA, 2005; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Figura 2 - Os elementos aristotélicos e suas qualidades.



Fonte: Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016, p. 20).

Esse raciocínio explicaria a base teórica da transmutação tentada pelos alquimistas, dessa forma, a mesma não deve ser encarada como algo doentio, repleta de crenças místicas, pois a transmutação apresenta sua explicação teórica. Pelo fato de na ciência antiga teoria e prática não andarem juntas e sim paralelamente, não seria possível explicar o que realmente ocorre. A teoria dos quatro elementos, por exemplo, não é fruto da experimentação, então a transmutação de um metal em outro, que tal teoria pretende explicar, não ocorre. No caso da transmutação do metal, para substituir uma qualidade por outra, ou até mesmo transformar um elemento em outro, o homem antigo adotava uma série de procedimentos (como: condensação, dissolução, liquefação, rarefação, solidificação, sublimação e vaporização) (MAAR, 2008). A teoria dos quatro elementos, além de ter influência direta com a Alquimia e a medicina, também fundamentou a astrologia, a meteorologia e outras ciências tradicionais, por meio de relações estabelecida entre cada elemento e signos do zodíaco, estações do ano, direções do ventos, planetas e idades do homem (BELTRAN, 1990).

1.2 As práticas artesanais

A prática de transformar materiais e de como realizar adequadamente os procedimentos envolvidos nessas transformações fazem parte de uma gama de conhecimento que há muito tempo o homem primitivo chamou de “artes”. Ao longo da história humana, práticas relacionadas às transformações de materiais sempre estiveram presentes na vida cotidiana, como maneira de sanar suas necessidades básicas, embora ainda não apresentassem embasamento científico, como as práticas artesanais, por exemplo. Dentre estas práticas, temos as mais antigas, a cerâmica e a metalurgia, que estão relacionadas às transformações

qualitativas da matéria. Procedimentos de como cozer o barro, para obter um material mais resistente, permitiu fazer utensílios para armazenar e transportar alimentos, e tal conhecimento possibilitou a confecção de objetos envolvidos em rituais sagrados (PARDO, 2002; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Para Alfonso-Goldfarb (2016), as práticas artesanais, nesse caso a metalurgia e a mineração, apresentavam suas próprias características ritualísticas, de modo que o homem tinha a concepção de que a terra fosse viva e fonte de vida. Assim, a terra ao ser fecundada, de acordo com o ritual adequado, daria origem às colheitas que sustentariam a comunidade e ainda em seu ventre seriam gerados e aprimorados os metais, semelhantemente ao que acontece com as plantas na superfície terrestre. Por meio dessa concepção, daria-se origem às ideias que viriam fundamentar a Alquimia, entre as quais estaria a possibilidade de transformar um metal menos nobre em ouro. Então, o ato de retirar metais do ventre da Mãe-Terra era considerado sagrado e, posteriormente, o tratamento do minério e sua transformação em metal, por meio de técnicas metalúrgicas, realizava-se uma operação maravilhosa que só seria possível pela gestação daquele material de partida no seio da terra (ELIADE, 1974; ALFONSO-GOLDFARB, 2001; LIMA; SILVA, 2003).

A metalurgia, por exemplo, é um processo que envolve a obtenção e a mistura de inúmeros metais, a partir de seus minérios, para a produção das conhecidas ligas metálicas que são transformadas em ferramentas, armas, etc. As operações envolvendo a metalurgia antecederam a invenção da escrita por cerca de 2 milênios, tendo iniciado no sexto milênio a.C. O ouro nativo foi o primeiro metal utilizado, sendo encontrado quase puro, na forma de pepitas (VANIN, 1994; VANIN, 2005).

As operações metalúrgicas com o cobre foram praticadas por volta de 4200 a.C., na região que hoje é conhecida como Irã, sendo a malaquita (carbonato de cobre) o principal minério de partida para a obtenção desse metal (PARDO, 2002; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Já o bronze, uma liga metálica de cobre e estanho, passou a ser usado cerca de 3000 a.C., o qual era preparado com alto teor de estanho. Essas ligas tinham a propriedade de refletir intensamente a luz e assim os primeiros espelhos começaram a ser fabricados. O fole passou a ser usado nas fundições, pois possibilitava soprar maior quantidade de ar, fornecendo, portanto, mais oxigênio ao carvão, ocasionando o aumento da temperatura da queima, assim como da eficiência da produção de metais (VANIN, 1994; VANIN, 2005). A metalurgia do ferro (siderurgia), requerendo fornos e procedimentos especiais para redução da hematita (óxido de ferro III), desenvolveu-se por volta de 1400 a.C., entre os hititas

(ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016) e seu uso tornou-se frequente na fabricação de inúmeros objetos.

Esses períodos são de grande importância, tendo em vista que, até pouco tempo atrás, o desenvolvimento do homem era classificado em três períodos: a Idade do Cobre (anterior a 3000 a.C.), Idade do Bronze (de 3000 a.C. a 1100 a.C.) e a Idade do Ferro (de 1100 a.C. em diante). Atualmente, esse esquema de “idades” não é mais seguido, isto porque o domínio da metalurgia e dos metais atingiu níveis variados pelo mundo afora (VANIN, 1994; VANIN, 2005; BADILLO; MIRANDA, 2014).

Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016) e Pardo (2002) mencionam que, até o início da Idade Moderna, foram conhecidos e estudados de diferentes modos sete metais: ouro, prata, cobre, mercúrio, chumbo, estanho e ferro. Esses metais foram associados aos setes corpos celestes mais próximos da terra, a saber: o Sol, a Lua e os cinco planetas observáveis a olho nu. Assim, o ouro passou a ser relacionado ao Sol e a prata à Lua (ROBLES; BRIBIESCA, 2005). Tanto o ouro como o cobre, ambos extraídos em pedaços da superfície do solo, eram trabalhados pelo método mais primitivo, ou seja, o martelamento que lhe dava a forma desejada. O ferro também era encontrado na sua forma meteorítica, haja vista que, a cada ano, toneladas de meteoritos atingem a terra, sendo muitos constituídos de ferro quase puro, considerados pelo homem uma “dádiva do céu” (VANIN, 1994; VANIN, 2005).

No período de 4000 e 3000 a.C., o conhecimento e uso de metais nativos se estendeu à utilização da prata e às ligas naturais de ouro e prata. Aprendeu-se a extrair cobre e chumbo de seus minérios. A experiência ensinou que, misturando rocha com carvão e fazendo uma fogueira dentro de um buraco cavado no chão, seria possível separar o metal. Nesse caso, eram usados óxidos metálicos, procedimento que determinava a formação de gás carbônico, deixando o metal livre e assim possibilitando sua extração (PARDO, 2002; VANIN, 1994, VANIN, 2005).

Por meio da ampliação de suas observações e aperfeiçoando sua experimentação, o homem primitivo empregou, adicionalmente, minerais que são sulfetos metálicos, como o sulfeto de chumbo, conhecido também como galena, que submetido à queima com carvão, fornecia-lhe o metal livre. Nos dias atuais, sabemos que o carvão fornece calor através da sua combustão e o enxofre do sulfeto reage com o oxigênio do ar, deixando livre o metal chumbo, processo chamado de *ustulação*, na linguagem atual. Nesse período, aprendeu-se a construir moldes de pedras ou até mesmo de metal. O metal fundido, ao ser derramado no interior do molde, tomava sua forma após o resfriamento e a solidificação, assim marca o início das técnicas de fundição (VANIN, 1994; VANIN, 2005). O autor ainda relata que a curiosidade

do homem primitivo o levou a descobrir, por acaso, as ligas de cobre e arsênico, e se mostrar mais duras do que o cobre puro, o que possibilitou ao homem se propor a deliberadamente impurificar o cobre, para melhorar tanto as qualidades de trabalho dos metais e dos objetos com eles fabricados.

A obtenção do estanho a partir de seus minérios ocorreu entre 3000 e 2000 a.C., pelo óxido de estanho, também chamado de cassiterita, dentre o mais abundante. Logo o homem primitivo verificou que ao adicionar estanho ao cobre era possível produzir um material, que facilmente poderia ser transformado em peças de diversas formas, marcando assim a descoberta do bronze, uma liga cobre-estanho utilizada até os dias atuais. Com esse procedimento algumas técnicas foram desenvolvidas, desde técnicas simples de joalheria, como estampagem, solda, rebitagem e coloração de superfícies, até a fabricação de arames pelo corte das finas tiras metálicas que eram obtidas pelo método do martelamento do metal (VANIN, 1994; VANIN, 2005).

A *copelação*, um desenvolvimento importante que permitiu extrair prata do chumbo, o que é possível porque a prata é uma contaminação comum do chumbo, no qual jazimentos naturais de galena contém sulfeto de prata, conhecida como argentita, consiste em aquecer o chumbo sob forte corrente de ar, fazendo com que o referido metal reaja com o oxigênio presente no ar, formando óxido de chumbo, enquanto isso a prata permanece inalterada na sua forma metálica. O óxido de chumbo tem a aparência de uma escória (cinzas) bastante leve, que ao ser soprada pela corrente de ar deixa a prata livre (VANIN, 1994; VANIN, 2005).

Ainda nessa época, o homem aprendeu a controlar o conteúdo de carbono presente no ferro, o que marca o início das técnicas de exploração do aço, um ferro que contém aproximadamente 1,7% de carbono, podendo ser moldado a quente, ainda que muito duro a frio. Isso não ocorre com o *ferro fundido*, que apresenta maior conteúdo de carbono (aproximadamente 4%) e é muito mole. O conhecimento de tais características remonta ao período em que os hititas, na Ásia Menor, dominavam a tecnologia de fabricação de aço, sendo possível fabricar lâminas de alta qualidade para confecção de suas espadas, de modo que, por ser um metal raro, o ferro transformou-se em metal precioso (VANIN, 1994; VANIN, 2005).

Entre o período de 1000 a.C. até o início da Era Cristã, foi possível a obtenção do metal mercúrio de suas rochas e descobriram que vários metais eram por ele dissolvidos. Assim surgiram ligas de mercúrio com vários metais, as chamadas amálgamas. A amálgama de prata, por exemplo, foi utilizada até pouco tempo atrás pelos dentistas, para obturar

cavidades dentárias. Uma das aplicações das ligas mercuriais era a douração do bronze e da prata, utilizando a amálgama de ouro (VANIN, 1994; VANIN, 2005).

Dentre outros marcos importantes da antiguidade, podemos citar a técnica de vidrar superfícies de cerâmica na fabricação de azulejos e na produção de tintas e pigmentos. Os pigmentos que conferiam a cor às tintas eram obtidos por diferentes minerais, como calcários, argilas ou carvão. Observou-se que muitas rochas se reduzem facilmente ao pó, as quais eram encontradas nas cores vermelha, amarela e verde. Tomando como o exemplo, os óxidos naturais de cobre podem se mostrar nas cores verdes ou azuis. A preparação de tintas era realizada pela mistura de pigmentos com goma-arábica (uma resina vegetal), clara de ovo ou cera de abelha (VANIN, 1994; VANIN, 2005).

Para Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016), as práticas artesanais envolvendo pigmentos e corantes, e sua utilização no tingimento de tecidos, cerâmicas e também como cosméticos, consistem em outras artes muito antigas, ocorrendo desde o período de 3000 a.C. Antes da era cristã, no último milênio, a utilização de corantes foi associada à metalurgia, denominada a arte de tingir metais. Dessa forma, os metais comuns eram recobertos com cores e brilhos do ouro ou da prata, produzindo boas imitações desses metais valiosos, capazes de enganar “os entendidos” (PARDO, 2002). Essas falsificações passaram a ser desmascaradas pelo método da *copelação*, desenvolvido no Egito por volta de 500 a.C.

O conhecimento das práticas artesanais era altamente valorizado e relacionado a rituais sagrados, portanto esses conhecimentos eram preservados pelas comunidades através das gerações, e com o crescimento destas, esses saberes tidos como valiosos passaram a ser guardados apenas por alguns membros. Assim, os depositários dos saberes e das tradições da comunidade e sua preservação ficaram conhecidos como feiticeiros e artesãos. Esses saberes eram apenas transmitidos para aprendizes escolhidos, os quais recebiam oralmente as instruções sobre os procedimentos (ALFONSO-GOLDFARB, *et al.*, 2016).

Diante do exposto, podemos verificar que, nos últimos séculos que antecedem a era cristã, acumulou-se uma série de conhecimentos sobre as práticas artesanais envolvendo as transformações de materiais. Dentre os já mencionados, podemos citar a “[...] cerâmica, mineração, e metalurgia, tingimento de tecidos e de metais, fabricação de imitações de ouro, prata e pedras preciosas, bem como a arte de perfumaria e valiosos conhecimentos sobre propriedades curativas e venosas de vegetais” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 17).

Tais conhecimentos guardados e transmitidos entre artesãos, feiticeiros e sacerdotes, permaneciam ligados a uma visão vitalista do universo. Com base nesses conhecimentos acumulados sobre as práticas artesanais, que durante o período alexandrino (últimos séculos

anteriores a era cristã), viria a ser elaborado o pensamento alquímico (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016) e daí a Alquimia, propriamente dita, a qual se desenvolveu em contextos variados em diversos lugares do mundo. Acerca desta nos debruçamos neste trabalho e a apresentamos nas próximas seções, de modo a considerar seus aspectos culturais, sociais e políticos.

1.3 A Alquimia e seu desenvolvimento em contextos variados em diversos lugares do mundo

*Para entender a Alquimia, precisamos nos libertar de várias lendas. A Alquimia não era protoquímica. Não era uma ciência oculta perseguida pelas autoridades da igreja ou do estado. Tampouco era uma herança da sabedoria secreta [...] (TRAMER *et al.*, 2007, p. 5, tradução nossa).*

A “Grande Arte” conjugada como Alquimia cria corpo por meio “[...] dos trabalhos de metalurgia, da magia estelar persa, do hermetismo egípcio e da interpretação mística da filosofia grega, a Alquimia, investigação sobre a natureza da matéria [...]” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 11). Tinha como objetivo principal o alcance da Grande Obra que visa a busca pela transmutação dos metais, ou seja, transformar metais menos nobres em ouro e prata, e a grande busca pelo elixir para cura de todos os males e prolongar a vida, embora tal objetivo nunca tenha sido atingido (TRAMER *et al.*, 2007; MAAR, 2008).

De Alexandria, lugar onde se iniciou a prática alquímica (ALFONSO-GOLDFARB, 2001), vem a palavra *Chemeia*, e sua genealogia nos indica sua extensão, complexidade e obscuridade. *Chemeia* teria duas raízes completamente distintas, a primeira, de origem egípcia, o termo *Citem*, remetendo à coloração negra, provavelmente por isso a Alquimia ficou conhecida como “Arte Negra”. O termo “negro” pode ser associado aos egípcios, pois o Egito era conhecido como “Terra Negra”, pela coloração de seu solo fértil (BRIBIESCA; ROBLES, 2005). Ou ainda, o termo “negro” “[...] seria uma alusão à coloração tomada pelo metal após a calcinação ou oxidação (primeira etapa, ou etapa da morte na obra alquímica), evidenciando sua origem entre artesãos metalurgistas” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 40). A autora afirma que a segunda raiz para o termo *Chemeia* seria o verbo *Chew*, derivado do grego que significa derramar, derreter, a qual vincula a Alquimia às práticas artesanais, atribuindo-lhe o caráter de trabalho prático.

De acordo com Jost Weyer (1936) citado por Maar (2008), na Alquimia há dois aspectos que devem ser colocados em relação aos seus objetivos. O primeiro deles seria o

aperfeiçoamento dos metais não nobres referentes à prática de transmutação. Já o outro, teria relação ao anterior, mas com aperfeiçoamento espiritual do alquimista. Assim, a Alquimia teria duas componentes sendo uma científica e outra psíquica-religiosa-filosófica (componente simbólica) (BRIBIESCA; ROBLES, 2005).

Para Maar (2008), a componente científica está relacionada ao próprio trabalho do alquimista através “[...] de equipamentos e materiais ‘químicos’ reais, de manuseio de substâncias com propriedades definidas e método de obtenção, com uma autêntica técnica de laboratório, seus trabalhos experimentais baseavam-se em diversas teorias” (p. 87). A esse caráter experimental da Alquimia, que podemos adotar como uma verdadeira atividade química ou protoquímica, eram associadas as diversas concepções, sejam religiosas, filosóficas, psicológicas e espirituais, embora na maioria das vezes o próprio alquimista não entendia a forma destas associações, de caráter subjetivo, entendido pelos psicólogos como inconscientes (MAAR, 2008).

Nas próximas seções nos centraremos em destacar aspectos do desenvolvimento da Alquimia em algumas culturas, como: alexandrina, islâmica, chinesa e europeia. A Alquimia alexandrina, por exemplo, trouxe uma vasta contribuição aos alquimistas árabes, isto inclui “[...] a ideia da transformação da matéria, baseada na teoria dos quatro elementos de Aristóteles, a ritualística necessária para lidar com tais segredos da Natureza, e mais um grande arsenal técnico, não somente instrumentos, como de métodos práticos e de nomenclatura” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 41).

Já a Alquimia islâmica não se resume a esta herança deixada pelos alexandrinos, acredita-se que esta civilização foi um dos maiores receptáculos das mais antigas fontes do saber. Em relação à Alquimia chinesa, a mesma apresenta um caráter distinto, seu maior objetivo era obter o “elixir” para a cura de todos males e a busca pela eternidade, para assim estabelecer um equilíbrio perfeito entre o ser humano e o universo (ALFONSO-GOLDFARB, 2001). A Alquimia chega à Europa, por meio da civilização árabe, numa visão interpretada e aumentada pelos pensadores mulçumanos.

1.3.1 A Alquimia Alexandrina

Há várias vertentes sobre a origem da Alquimia, uma delas defende que ela tenha se originado em Alexandria entre os séculos III a.C. e I a.C., cidade fundada na foz do Nilo em 332 a.C., por Alexandre o Grande (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; VANIN,

1994; VANIN, 2005; ALFONSO-GOLDFARB, 2001; STRATHERN, 2002; LIMA; SILVA, 2003; MAAR, 2008; FARIAS, 2010; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

A Alquimia nasceu “[...] de uma combinação de artes práticas dos antigos, sobretudo dos egípcios e mesopotâmicos, de filosofia grega (tanto aristotélica como neoplatônica); e do misticismo hebraico e persa” (MAAR, 2008, p. 93). Para Maar (2008), a filosofia grega permitiu que a Alquimia caminhasse em duas direções: a Alquimia prática dedicada às práticas artesanais cultivadas nos templos egípcios; e a Alquimia simbólica sendo encarada como uma continuação das práticas religiosas.

A cidade de Alexandria, em apenas dois séculos, tornou-se a maior cidade do mundo. Em relação à ciência, havia o Templo das Musas (ou Museu), cuja biblioteca, segundo a tradição, continha cerca de 400.000 a 500.000 livros na forma de rolos ou papiros, a qual proporcionou à Alexandria o maior centro do saber da antiguidade, atraindo estudiosos de todo o mundo mediterrâneo (MAAR, 2008; STRATHERN, 2002). Segundo Maar (2008), a Alquimia nasceu em um momento de grande esplendor da Ciência grega, de modo que alguns nomes se destacam nesse período por sua atuação em Alexandria, dentre eles, menciona-se:

Euclides (c.300 a.C.), o mais importante matemático da antiguidade greco-romana; [...] Aristarco de Santos (c.310-230 a.C.) astrônomo, o primeiro a defender um modelo heliocêntrico; Eratóstenes da Cirenaica (c.276-194 a.C.), astrônomo que calculou a circunferência da Terra (achou 44.700 km em vez dos 40.000 corretos) em medidas feitas em Siene; Apolônio de Perga (c.262-190 a.C.), o ‘Grande Geômetra’, autor das ‘Cônicas’ (elipse, hipérbole e parábola); Diofante de Alexandria (c.250 a.C.), criador da Álgebra; Hiparco de Nicéia (? – 127) astrônomo e geógrafo, autor de um catálogo de 850 estrelas; Herão de Alexandria (c.62 a.C.), pioneiro da pneumática e das máquinas a vapor; Ptolomeu (ativo entre 127 e 145 d.C.), astrônomo do ‘Almagesto’ e da teoria geocêntrica. Fora de Alexandria, em Siracusa (Sicília/Itália), viveu Arquimedes (c.290/280 a.C. – c.212/211 a.C.), o maior físico e matemático da antiguidade. Também na época helenística viveu Eudemo de Rodes (c.300 a.C.), discípulo de Aristóteles e provavelmente o primeiro historiador da ciência com a sua ‘História da Geometria, Aritmética e Astronomia’, incluída na obra de Teofrasto (MAAR, 2008, p. 94-95).

Seguindo o que apontam os estudos de alguns historiadores, por exemplo, Alfonso-Goldfarb (2001) menciona que a formação da Alquimia alexandrina se deu por influências babilônicas, egípcias, judaicas, persas e gregas. A influência do misticismo oriental, uma junção da magia e astrologia, proveniente de fontes babilônicas e persas, teria iniciado sua inter-relação por volta do século VI a.C. Nessa época, há evidências que na religião astral caldeia que, de acordo com seus ensinamentos, os corpos celestes, conforme sua posição,

transmitiam boas ou más emanações à Terra. Isso, possibilitou a associação dos “sete” deuses-planetas com os respectivos metais conhecidos na época. Assim, o Sol passou a ser associado ao ouro, a Lua à prata, Vênus ao cobre, Mercúrio ao mercúrio, Marte ao ferro, Júpiter ao estanho e Saturno ao chumbo. Tanto a astrologia como a numerologia tentam dessa maneira relacionar o macro e o microcosmo, de modo que o macrocosmo relaciona-se a observações da meteorologia e calendário para fins agrários; enquanto o microcosmo está relacionado a pesos e medidas para fins de comércio.

Por meio de textos deixados por Zózimo de Panópolis (c.350-c.420), chegariam a nós informações sobre outros alquimistas anteriores a ele (PARDO, 2002; PRINCIPE, 2013). Além de citar Bolos de Mendes (o Pseudo-Demócrito), Zózimo atribui Maria a Judia, a invenção de diversos aparatos de laboratório, entre eles o “banho maria”, também considera que foram desenvolvidos por ela o alambique de três bicos, utilizado para obtenção de águas sulfurosas, e o *kerotakis*³, um tipo aperfeiçoado de sublimador (FEDERMANN, 1972; MAAR, 2008; PÁEZ; GARRITZ, 2013; ALFONSO-GOLDFARB, 2016). Acredita-se que Maria, conhecida pelo pseudônimo de “A Profetiza”, tenha desenvolvido também um aparelho de sublimação feito de metal, “em que a parte central superior possuía três tubos com uma saída em forma de bico que podia gotejar o líquido destilado em frascos ou recipientes” (COSTA; PIVA. SANTOS, 2020, p. 600). Zózimo não era apenas um teórico, era também um prático com um vasto conhecimento químico. Ele, por exemplo, conhecia o arsênico, que na época era definido como um “segundo mercúrio”, segundo ele, com a ajuda do arsênico era possível transformar cobre em prata (FEDERMANN, 1972). Para Principe (2013), acredita-se que Zózimo tenha escrito vinte e oito livros dedicados à Alquimia, infelizmente grande parte de suas obras se perderam ao longo do tempo.

Na principal obra de Bolos de Mendes “*Physica et Mystica*”, consta de uma parte prática, relacionada à metalurgia, coloração dos metais, imitação das pedras preciosas, e indicações envolvendo a obtenção de ouro e prata; e uma parte teórica sobre as leis fundamentais da Alquimia (MAAR, 2008; BADILLO; MIRANDA, 2014). De acordo com Zózimo, Maria a Judia e Demócrito teriam sido discípulos do mago persa Ostanés (ALFONSO-GOLDFARB, 2016), o qual teria vivido na Pérsia por volta do século IV a.C., considerado profeta, místico e mago, admitindo que o conhecimento era adquirido por revelação (gnosticismo) (MAAR, 2008).

³ O *kerotakis* é um tipo de fogão em cujo recipiente inferior é colocada uma substância que tende a evaporar por aquecimento, especificamente enxofre e mercúrio (FEDERMANN, 1972)

Vimos anteriormente que a transmutação dos metais era sustentada pela teoria dos quatro elementos, tal explicação estaria desligada dos fenômenos do mundo real. Na verdade, a transmutação ocorria seguindo quatro etapas, começando pela tetrasoma (liga constituída por chumbo, estanho, cobre e ferro), que na sequência se dava às mudanças de cor: preto → branco → amarelo → vermelho. As etapas da transmutação da pedra que não é pedra, ou seja, a “pedra filosofal” material de origem e composição desconhecida de aparência pétreo, que pode ser dissolvido (ALFONSO-GOLDFARB, 2001), são:

- I. Melanose: é a primeira etapa da transmutação, leva a um material preto e corresponde à obtenção do tetrasoma, enegrecido na superfície por causa de oxidações (é a “obra em negro”);
- II. Leucose (obtenção de material branco): é a segunda etapa, que consiste essencialmente em: tetrasoma + vapores de Arsênio → liga superficial Cu/As (As como principal componente);
- III. Xantose (produto amarelo): é a terceira etapa e correspondente ao tratamento do produto da leucose com o *theion hydor* (água divina ou água sulfurada), cuja preparação é descrita por Zóximo: é uma solução aquosa de sulfetos alcalinos ou alcalinos-terrosos;
- IV. Iose: é a etapa máxima da transmutação (a obra em vermelho), difícil de obter em função da multiplicidade de reações que podem ocorrer (MAAR, 2008, p. 101-102).

A primeira etapa da transmutação conhecida também como a “obra em negro” simboliza a morte; a segunda etapa, a “obra em branco”, refere-se à ressurreição, em nível operativo este é fenômeno da coagulação. As duas últimas etapas do processo de transmutação coroam a obra alquímica, ou seja, conduzem à Pedra Filosofal, sendo a primeira virtude da Pedra sua capacidade para transmutar os metais em ouro e também o principal objetivo dos alquimistas alexandrinos (ELIADE, 1974).

Uma possível explicação do que realmente ocorria nas etapas da transmutação se torna difícil em função dos componentes que intervêm e das séries de reações que ocorrem, mas devem ser levadas em consideração as reações superficiais, a cinética das reações, e outros fatores. Na concepção de C. G. Jung, essa sequência de etapas era chamada pelos latinos de “[...] *nigredo* – *albedo* – *citrinitas* – *rubedo*, sendo uma metáfora da individualização, cada etapa seria uma fase distinta da evolução psicológica do indivíduo” (MAAR, 2008, p. 102).

Os alquimistas alexandrinos classificavam as substâncias em três grupos: a) *somata*, eram ouro, prata, cobre, ferro, estanho, chumbo e as ligas metálicas; b) *asomata* eram as substâncias minerais - o óxido de arsênio, auripigmento (As_2S_3), realgar (As_4S_4), cinábrio (HgS), mínio (Pb_3O_4), nítron (Na_2CO_3), as piritas, cadmia (óxido misto de Sn, Cu, e As),

magnésia, cianos (azurita) e crisocola (malaquita) e *c) pneumata* seriam as substâncias voláteis: o enxofre, o mercúrio e os sulfetos de arsênio. O sal amoníaco foi incluído pelos árabes (MAAR, 2008).

Para Alfonso-Goldfarb (2001) após Zóximo, a Alquimia alexandrina aos poucos deixa de ter como objetivo a investigação da matéria e passa a adotar uma doutrina mística de caráter evocativo e intelectual. A prática dedicada ao laboratório, relacionada à investigação da matéria passa a ser secundária “[...] e os conhecimentos alquímicos tornaram-se estanques” (ALFONSO-GOLDFARB 2016, p. 23). A autora ainda afirma que os alquimistas alexandrinos são citados como autoridades máximas e irrefutáveis no assunto.

Somente alguns séculos depois, o conhecimento alquímico passa a ser retomado pela cultura árabe, para explicar a constituição da matéria e os processos envolvidos em suas transformações.

1.3.2 A Alquimia Islâmica

As atividades práticas, relacionadas ao tingimento de materiais e a manipulação de metais, e também com uma medicina que continha um vasto receituário de remédios vegetais e minerais, chegaram ao mundo árabe. Algumas dessas atividades foram assimiladas e aglutinadas pelos mulçumanos, resultando na confecção de materiais e objetos que favoreciam a riqueza comercial do império. Aos poucos, o conhecimento dessas atividades práticas foi entrelaçado a um corpo teórico produzido pelos “ismailis” e “sufis”. Os “ismailis” seriam os filósofos dedicados a desvendar e estudar os segredos da matéria, enquanto os “sufis” seriam os estudiosos do pensamento filosófico e oculto (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

Para Alfonso-Goldfarb (2001), a Alquimia islâmica se inicia no final do século VII durante o califado de Omíadas. Segundo a tradição, o primeiro alquimista mulçumano foi o príncipe Khalid ibn Yazid. Sua atração pela Alquimia foi tanta que o príncipe mandou que trouxessem alguns filósofos gregos do Egito para que alguns escritos alquímicos pudessem ser traduzidos. Embora a origem da Alquimia islâmica seja alvo de dúvidas e controvérsias, a maioria dos historiadores da química adota que a mesma originou a partir da Alquimia praticada em Alexandria (FARIAS, 2010).

No vasto conhecimento da Alquimia islâmica se sobressaem dois nomes, sendo eles: Jabir ibn Hayyan (720-815) mais conhecido como Geber ou Jabir e Abu Bakr Muhammad ibn

Zakariyya (865?-925), conhecido como Al-Razi ou Rases (PARDO, 2002; MAAR, 2008; FARIAS, 2010).

A obra “Teoria dos Balanços” de Jabir é uma das contribuições teóricas islâmicas à Alquimia, de modo que o termo “balanço” está relacionado a um equilíbrio de qualidades ou propriedades e não um equilíbrio entre massas. A teoria dos quatro elementos de Aristóteles é aceita por Jabir com algumas adaptações, das quais considera a existência das quatro qualidades (o calor, o frio, o seco e o úmido). De acordo com Maar (2008, p. 113), por meio da combinação destas, haveria a formação de um composto; e a união de dois compostos resultariam novamente nos quatros elementos:

fogo = calor + seco + substância;
 ar = calor + úmido + substância;
 água = frio + úmido + substância;
 terra = frio + seco + substância.

No caso dos metais, o enxofre seria responsável pelas naturezas quente/seco, enquanto o mercúrio, frio/úmido. “Como ambos participavam na constituição de corpos metálicos, um destes deveria possuir um par de ‘naturezas’ externas e um par de internas, conforme as proporções de ‘mercúrio’ e de ‘enxofre’ em sua formação” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 87). Assim, a transmutação só seria possível a partir de duas operações principais, a *Barrani* (exterior) e a *Jawwani* (interior), conforme as proporções do metal que se quisesse obter. Essa teoria desenvolvida pelos árabes, capaz de explicar a origem, a composição e a transformação da matéria, ficou conhecida como *teoria enxofre-mercúrio* (PARDO, 2002; ROBLES; BRIBIESCA, 2005; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Para Jabir, quanto maior a proporção de enxofre, mais imperfeito seria o metal, esses metais denominados como “doentes” poderiam ser “curados”, podendo ser transformados em um metal mais perfeito por ação de um poderoso agente, a pedra filosofal (BELTRAN, 1990).

De acordo com Farias (2010), além de Jabir, Rases foi outro alquimista de destaque, dedicando-se à Alquimia médica, trazendo contribuições à ginecologia e oftalmologia. Rases foi o primeiro capaz de fazer uma distinção entre a varíola e o sarampo, tendo escrito vários trabalhos, dos quais apenas um, “O livro do segredo dos segredos”, foi publicado em Berlim no ano de 1937 (FARIAS, 2010; MAAR, 2008; BADILLO; MIRANDA, 2014). A obra de Rases é dividida em três partes: substâncias, aparelhos e operações. As operações discutidas por Rases são: “[...] destilação, calcinação, dissolução, evaporação, cristalização, sublimação,

filtração, amalgamação e ‘ceração’ (conversão em sólidos pastosos ou fusíveis)” (MAAR 2008, p. 116).

Rases, além dos três “espíritos” alexandrinos (enxofre, mercúrio e sulfetos de arsênio) cita também um quarto o sal amoníaco, obtido a princípio pelo esterco de camelo. Nas reações, por ele praticadas, cita os ácidos conhecidos como águas fortes (MAAR, 2008), além disso, propôs a teoria da matéria, segundo a qual, existiam os cinco princípios eternos: “[...] o criador, a alma, a matéria, o tempo e o espaço” (FARIAS, 2010, p. 22). Segundo Rases, os corpos eram constituídos por partículas indivisíveis e pelos espaços vazios entre elas. Além disso, acreditava que seria possível ocorrer a transmutação dos metais, apenas alterando as proporções dos princípios. Assim, a transmutação de um metal em outro ocorreria de acordo com as seguintes etapas:

A purificação de material de partida era a primeira operação a ser realizada. Seguiu-se a *fusão*, através da qual o material era transformado numa espécie de amálgama e não soltava mais fumaça. Esse material era submetido, então, à operação de *dissolução*, a qual poderia envolver a ação de algumas ‘águas agudas’ que promoveriam a separação ou desintegração do material em suas partes mais sutis. Por fim era realizada a operação de *coagulação* ou *solidificação*, considerada como ‘remoção da água’. Se o processo fosse bem sucedido o produto final seria o ‘elixir’ (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 27).

O “elixir” poderia converter metais comuns em ouro e também converter pedras não preciosas, como o quartzo e vidro, em pedras preciosas (esmeraldas e rubis) (FARIAS, 2010). As obras alquímicas de Jabir e Rases caminham em dois estilos distintos de aperfeiçoamento material e espiritual. Jabir representa um “[...] lado esotérico da Alquimia, o simbólico-místico, uma gnose islâmica; enquanto que Rases corporifica o aspecto exotérico, o lado prático, experimental” (MAAR, 2008, p. 117).

Um dos pensadores a levantar críticas à Alquimia foi o médico Abu Ali Al-Husayn ibn Sina (980-1037), mais conhecido como Avicena, sua obra médica foi usada como base para o ensino de medicina na Europa até por volta do século XVI. Avicena acredita na *teoria enxofre-mercúrio*, usada para explicar a formação de diferentes metais, e que cada um deles seria formado por *enxofres* e *mercúrios* de diferentes tipos. Embora ele admitisse que era possível ocorrer a transmutação, criticava que a mesma não pudesse ser alcançada pela “Arte”, mas sim, pela Natureza (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

1.3.3 A Alquimia Chinesa

Para Farias (2010), uma característica marcante da Alquimia Chinesa é que a mesma apresenta um aspecto místico, esotérico, dando maior atenção à transmutação dos metais. A transmutação de um metal menos nobre em ouro poderia ser uma metáfora para a transmutação interior do ser humano, que passaria de um estado impuro para um estado de superioridade. Os primeiros documentos a mencionarem a prática alquímica chinesa, cita que os falsificadores de ouro poderiam ser punidos com uma execução pública.

Por meio dos princípios da filosofia taoísta foi possível o surgimento de equilíbrio na Alquimia Chinesa. Para obter tal equilíbrio, surge o termo “elixir”, sendo capaz de transportar as qualidades de um corpo a outro. Os alquimistas chineses estavam preocupados em buscar o caminho para sua própria superação, para obter o equilíbrio de si mesmo com o todo. De acordo com a tradição, com base na lei de Tao, “[...] o taoísta deveria despojar-se de todos os bens materiais, e o ouro não tinha valor de troca na antiga China” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 65).

Lao Tze foi o fundador do taoísmo no século VI, que constitui uma filosofia de vida. O termo “Tao” refere-se o caminho do universo, podendo ser atingido através do equilíbrio entres os opostos. Dessa maneira, a combinação de Yin (feminino e passivo) e Yang (masculino e ativo), geravam o mundo. Para os chineses, a constituição da matéria seria composta por cinco elementos: água, terra, fogo, madeira e metal, na qual cada um deles conteria os princípios Yin e Yang, em menor ou maior quantidade conforme sua natureza (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016; LIMA; SILVA, 2003).

Um dos importantes alquimistas chineses é Ko Hung (284-343), autor da obra “Pao-Po-Tsu” (Mestre que guarda a simplicidade), considerada longa e o mais importante tratado alquímico, descreve medicamentos, operações práticas e matérias mágicas (MAAR, 2008).

1.3.4 A Alquimia na Europa Medieval

A Idade Média parece ser o cenário ideal para o desenvolvimento da Alquimia Europeia (MAAR, 2008), a qual pode ser dividida em duas fases: a alta idade média, que está relacionada à formação dos reinos germânicos no século V, até a consolidação do feudalismo, entre os séculos IX e XII; e a baixa idade média, que se entende pelo crescimento das cidades, pela expansão territorial e pelo florescimento do comércio, que vai até o século XV (FARIAS, 2010).

Para Alfonso-Goldfarb (2001), um vasto conhecimento antigo chegará à Europa através da civilização árabe, numa visão interpretada e aumentada pelos pensadores muçulmanos. Anterior ao século XII, a apropriação dos conhecimentos árabe e grego pela Europa Ocidental, alguns nomes se destacam por seu interesse em traduzir alguns originais clássicos para a língua latina, dentre eles temos Gerberto de Aurillac (no século X) e Constantino da África (século XI).

No ramo da química, embora nessa época ainda não havia se estabelecido como ciência moderna, ocorreram as grandes traduções, como o “*Compositiones ad tingenda*”, a obra se constitui por um receituário sobre como lidar com metais e tinturas, semelhante à encontrada na antiga literatura egípcia, mas se diferencia por ser escrito numa linguagem clara e objetiva, capaz de informar os especialistas nessas artes. A primeira obra alquímica, o “*Livro da Composição da Alquimia (De compositione alchemiae)*”, foi traduzida por Robert de Chester em 1144, para o latim, relatando os ensinamentos sobre a “Arte”. Acredita-se que esta seja a primeira obra sobre Alquimia escrita por Khalid ibn Yazid. E também Gerard de Cremona traduziu algumas obras, dentre elas: os “*Setenta Livros*” da obra jabiriana; dois livros de Rases “*De aluminibus et salibus*” e “*Liber luminis luminum*”; “*Segredos dos Segredos*”, “*Segredo da Criação*” de Balinus; “*Tábua de Esmeralda*”, “*Turba Philosophorum*”, e o tratado de Avicena “*De Anima*”. No final do século XII a maioria dos trabalhos em Alquimia encontrava-se sob posse dos europeus (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

O estudo da matéria foi uma das preocupações da filosofia árabe, e no contexto europeu, na baixa idade média, estavam mais preocupados com a manipulação da natureza do que com a teoria. Essas questões são retomadas pelo escolasticismo por meio de duas correntes, que mais tarde foi denominada “via antiga” da filosofia. A primeira corrente, denominada “experimentalista”, inicia-se com Robert Grosseteste (1168-1253), bispo de Lincoln e mestre dos franciscanos. Grosseteste foi um severo crítico daqueles que tentavam buscar em Aristóteles reflexos da teologia cristã, e também foi estudioso do platonismo de Santo Agostinho e do aristotelismo de Avicena (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

A segunda corrente da “via antiga” atribui-se a Alberto Magno (c.1193-1280), o “*Doctor universalis*” grande interpretador de Aristóteles, nascido na Bavária, tendo realizado seus estudos em Pádua, Bolonha e na Universidade de Paris. Sendo um dos primeiros a incluir as ideias de Aristóteles no ensino ministrado nas universidades europeias, ligadas às grandes catedrais e mosteiros (ALFONSO-GOLDFARB, 2001). Alberto Magno em seu tratado “*De mineralibus et rebus metallicis*” sobre mineralogia, refere-se à Alquimia e aos alquimistas concordando com Avicena de que a transmutação dos metais aconteceria apenas pela

Natureza (ROBLES; BRIBIESCA, 2005). Para Alberto, a formação dos metais e minerais ocorria no interior da terra a partir de “exalações” úmidas e secas. As reflexões de Alberto Magno sobre Alquimia levaram vários pensadores a se interessarem pela “Arte”, sendo Roger Bacon o primeiro a atribuir a Alquimia tal valor e a reconhecê-la como ciência do mais alto nível (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Segundo Alfonso-Goldfarb (2001), Roger Bacon (1214-92) nasceu em Somerset, na Inglaterra, estudou e lecionou em Oxford, e também foi professor na Universidade de Paris, sendo um dos primeiros a ensinar Física e Metafísica de Aristóteles, o que antes era proibido pela Igreja. A partir de 1247, iniciou seus estudos com bases na obra de alguns “homens sábios” interessados em ciência natural, dentre eles Grosseteste. Nessa época Bacon decide entrar para a ordem dos franciscanos. Roger Bacon tem um maior interesse nos conhecimentos práticos dos “experimentadores”, “[...] entre os quais estariam incluídos apotecários, alquimistas, engenheiros e astrólogos” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 113). É importante destacar que os trabalhos do filósofo escolástico tomaram uma forma mais direcionada à reflexão e síntese, do que à elaboração de invenção de novas ideias, ficando conhecido como um organizador do saber.

Segundo Maar (2008), a contribuição mais importante de Roger Bacon no campo da Ciência foi a recomendação de unir o empirismo à experimentação e ao desenvolvimento matemático, esta postura o traz como o precursor da Revolução Científica dos séculos XVI e XVII. Além disso, o referido filósofo classificou as ciências da seguinte maneira, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das ciências de acordo com Roger Bacon.

Classificação das ciências	Perspectiva (à nossa óptica); Astronomia (operativa e judicial); Ciência dos pesos (a nossa mecânica); Alquimia; Medicina; Agricultura; Ciência experimental (uma idéia original de Bacon).
-----------------------------------	---

Fonte: Maar (2008, p. 149).

Bacon, pelo seu grande apreço à Alquimia, classificou-a em especulativa ou teórica que trata a geração das coisas a partir dos elementos e “de todas as espécies de metais e minerais”; e alquimia prática ou operativa que “ensinava como fazer, pela arte, ouro e outras coisas, bem como poderosos medicamentos, através de sublimação, destilação, etc” (BELTRAN, 1990, p. 16). A Alquimia prática, segundo Bacon, era a mais importante das

ciências, tanto que em sua obra “Opus Tertius” descreve as chaves da Alquimia, de modo que o termo “chaves” significaria as operações, tais como: “[...] purificação, destilação, ablução, calcinação, ustulação, moagem, mortificação, sublimação, proporção, decomposição, solidificação, fixação, liquefação, projeção e depuração” (MAAR, 2008, p. 149).

Em relação à formação dos metais, Bacon também concorda com as ideias de Avicena, de que os metais são constituídos de formas puras de “enxofre” e “mercúrio” em diferentes proporções, sendo o ouro a mais perfeita proporção. Também acreditava na transmutação dos metais, segundo ele “[...] os metais que não tiverem o balanço perfeito deverão ser ‘tratados’ com os ‘remédios’ adequados, para que obtenham o equilíbrio e a perfeição do ouro” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 119). Ou seja, a suposta cura do metal seria promovida por meio de um “remédio” ou “elixir”, assim a Alquimia visaria a busca desse elixir, que poderia tanto aperfeiçoar os metais, como também trazer a cura do homem prologando sua vida. O “elixir” seria constituído por uma espiritualização da matéria e para sua obtenção Bacon sugere uma série de possibilidades (calcinação, pulverização, sublimação), em que o material de partida deve ser submetido. A grande busca pelo “elixir” seria a principal característica da Alquimia europeia (ALFONSO-GOLDFARB, 2016).

Para Alfonso-Goldfarb (2016), a ideia de elixir estará presente nos pensamentos dos mais importantes alquimistas medievais: Geber, Arnaldo de Vilanova, Raimundo Lúlio e João de Rupescissa, sendo que cada um deles traria novas concepções ao conhecimento. Dessa forma, Geber em sua obra contribui para incentivar a aplicação dos métodos metalúrgicos na Alquimia, tais como a copelação. Já as obras de Arnaldo de Vilanova, Raimundo Lúlio e João de Rupescissa contribuem “[...] para divulgar a utilização de remédios preparados a partir de metais, e para difundir a utilização da *aqua vitae* (solução com alto teor alcoólico) como poderoso medicamento” (ALFONSO-GOLDFARB, 2016, p. 33).

O que conhecemos hoje como *álcool* já vem sendo utilizado como remédio desde o século XII. Raimundo Lúlio em sua obra traz a ideia de que ao destilar várias vezes a *aqua vitae*, seria obtido um espírito tão perfeito que poderia ser comparado aos céus, esse espírito seria para nós hoje em dia um conhaque muito forte, seria a quintessência extraída do vinho. Também acreditava-se que a quintessência poderia ser extraída mediante a destilação de diferentes materiais, para poder ser utilizada como um poderoso medicamento (ALFONSO-GOLDFARB, 2016).

A concepção de que cada coisa da Natureza guardaria em si uma virtude, com base em que o universo seria uma rede de relações, viria a ser difundido no Renascimento, sendo

Paracelso um dos principais pensadores a se basear nessas ideias sobre a composição e transformação da matéria (ALFONSO-GOLDFARB, 2016).

1.3.5 Paracelsus e a Iatroquímica

Paracelsus além de abandonar Aristóteles também deixa de lado todas as autoridades antigas, predominando um retorno aos próprios fatos, com esse retorno por volta do século XVI, passa a haver um predomínio do experimento (BADILLO; MIRANDA, 2014). Para Maar (2008, p. 215) é:

[...] um século de grande atividade prática, da metalurgia à farmacologia e aos prenúncios da Química Inorgânica moderna. A Química é ainda em essência uma química atrelada à medicina de um lado e à metalurgia de outro, mas já há prenúncio de uma química independente, preocupada com os estudos das substâncias, suas propriedades e maneiras de obtenção, por elas próprias.

Conforme podemos verificar por meio do excerto apresentado, Paracelsus propunha uma Química desvinculada e independente de suas aplicações na medicina e na metalurgia, de modo a dar um maior direcionamento ao que se refere às propriedades das substâncias, assim como os processos para sua devida obtenção.

Theophrastus Bombastus von Hohenheim (c. 1490-1541) assinava seus trabalhos sobre o pseudônimo de Phillipus Aureolus Paracelsus (VANIN, 1994; VANIN, 2005; CHASSOT, 1994; PORTO, 1997; CECON, 2013), tendo aprendido medicina, mineralogia e química com o pai Wilhelm von Hohenheim (? - 1534). Ainda jovem, Paracelsus vai para a Escola do Mosteiro de Santo André, tornando-se amigo do grande alquimista da época, o bispo Eberhard Baumgartner, influenciador na sua vida e obra. Para Farias (2006) Paracelsus percorreu a Europa por vários anos, desenvolvendo estudos sobre mineração, medicina e Alquimia (ROBLES; BRIBIESCA, 2005).

De acordo com Strathern (2002), Paracelsus foi a figura mais importante da Iatroquímica, tal prática que se desenrolou entre a metade do século XVI até o século XVIII (PARDO, 2002; SANTOS *et al.*, 2012). O termo “iatro” origina-se do grego que significa “médico”, e tem como objetivo “[...] estabelecer a química como o cerne da prática médica” (STRATHERN, 2002, p. 71). Embora Paracelsus acreditasse que a Alquimia pudesse produzir ouro algum dia, declarou que a prática alquímica estaria perdendo tempo nessa tentativa. Segundo ele, a Alquimia deveria estar voltada “[...] para a medicina para produzir

remédios químicos para moléstias e doenças, com a preparação de remédios específicos para o tratamento de doenças específicas. Assim, a medicina iria se tornar uma ciência, em vez da arte vagamente duvidosa que parecia ser então” (STRATHERN, 2002, p. 71).

Na época, as ideias mais difundidas sobre as causas da saúde física e mental eram derivadas da “teoria dos quatro humores”, segundo a qual o equilíbrio entre os quatro humores resultaria no corpo humano saudável (FARIAS, 2006; PORTO, 1997). Segundo Porto (1997), esses humores estariam relacionados com os quatro elementos e quatro qualidades primárias, que seriam: o sangue relacionado à qualidade quente, a fleuma ao úmido, a bÍlis amarela (cÓlera) ao seco e bÍlis negra (melancolia) ao frio. O desequilÍbrio entre esses humores ou entre essas qualidades resultaria nas doenças, e a suposta cura seria administrar “[...] a qualidade momentaneamente em falta” (PORTO, 1997, p. 569), ou então retirar a qualidade que estaria em excesso. Por exemplo, com o objetivo de abaixar a febre, uma vez que tal sintoma era resultado de excesso de sangue, o tratamento adequado seria a prática da sangria. Cada um desse humores, por sua vez,

tinha sede em um Órgão do corpo humano: o sangue no coração, a fleuma no cérebro, a cÓlera no fÍgado e a melancolia no baço. [...] os quatro humores também estavam ligados, nessa concepção, às quatro estações do ano, às quatro idade do homem e aos quatro pontos cardeais, sendo ainda controlados pelos quatro maiores planetas então conhecidos: lua, marte, jÚpiter e saturno, criando assim uma grande barafunda filosÓfico-cientÍfica (ou antes, pseudocientÍfica) que verdadeiramente atravancava a evoluçÓo da prática mÉdica e conduzia a prescriçÓes mais absurdas, como a conhecida prática das sangrias [...] (FARIAS, 2006, p. 23).

Para explicar a constituição da matéria, Paracelsus modificou as ideias antigas dos alquimistas árabes sobre a composição dos metais em termos dos opostos mercúrio e enxofre. A teoria fundada por Paracelsus ficou conhecida como “tria prima”, além do mercúrio e enxofre, ele adicionou um terceiro princípio, o sal. Assim, o enxofre o princípio da inflamabilidade; o mercúrio da volatilidade; e o sal fornecia à matéria cor, solidez e imutabilidade (TRAMER *et al.*, 2007). Além de explicar a composição dos metais a “tria prima” explicaria a constituição de todas as substâncias (PORTO, 1997; ROBLES; BRIBIESCA, 2005; FARIAS, 2006; TRAMER *et al.*, 2007; CECON, 2013; BADILLO; MIRANDA, 2014; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

A teoria dos três princípios permite fazer uma analogia com o processo de destilação,

no qual se observa a separação dos corpos no que seriam suas partes constituintes: a parte combustível seria o princípio *enxofre*; a parte líquida e

não inflamável seria o *mercúrio*; e o resíduo sólido que permanece no fundo do frasco de destilação corresponderia ao sal. No esquema de analogias cósmicas através do qual Paracelso enxergava o Universo, os três princípios podiam ainda ser associados a outras tríades, tais como alma-espírito-corpo, ou mesmo à Santíssima Trindade (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 42).

Embora, alguns aspectos da obra de Paracelsus, que hoje em dia possam ser considerados “não científicos”, acredita-se que Phillipus Aureolus Paracelsus foi um reformador da medicina e da farmacologia. De acordo com Farias (2006), Paracelsus foi o primeiro a prescrever um tratamento para sífilis sob administração de compostos de mercúrio (PARDO, 2002), também teria produzido drogas a base de éter, sendo utilizada para fins anestésicos, além disso, descreveu tratamento para insônia que consistia na administração de uma solução de ópio em suco de laranja e limão.

Nos dias atuais, a farmácia moderna muito se beneficia de compostos que Paracelsus investigou e receitou aos seus pacientes, tais como:

sais de zinco e cobre, compostos de chumbo e magnésio etc. O uso de derivados do arsênio e do antimônio no tratamento de casos de câncer e lepra, derivados do arsênio para doenças de pele, e o uso de sulfato e óxido de zinco, atualmente utilizados para o tratamento de infecções cutâneas (o óxido de zinco é muito utilizado em formulações de ‘talcos’ para os pés) estão entre o arsenal terapêutico utilizado por Paracelsus (FARIAS, 2006, p. 64).

Segundo os paracelsistas, a terra era vasto laboratório químico, “[...] o que explicava a origem dos vulcões, das fontes termais, das fontes de montanha e o crescimento dos metais” (DEBUS, 2002, p. 26). Para Henri de Rochas (fl. 1620-1640), o calor de nascentes de água mineral era o resultado da reação do enxofre com um sal nitroso na terra. Edward Jorden (1569-1632), com uma explicação mais abrangente, descreveu que o crescimento dos metais ocorria pelo processo alquímico da “fermentação”, sendo definida como uma reação exotérmica sem necessidade do ar. Segundo Jorden, isso era a causa do crescimento inorgânico, e esta nova fonte de calor permitia compreender os vulcões e as correntes de montanha (DEBUS, 2002).

Mesmo que a ideias de Paracelsus e seus seguidores, em relação ao estudo da Natureza, tivessem grande influência no século XVII, tais ideias não foram capazes de substituir o aristotelismo. A partir do século XVII, foram desenvolvidas novas ideias, diferentes tanto daquelas dos paracelsistas quanto das dos aristotélicos. Surge então o

mecanicismo, tal concepção acredita que o universo fosse uma grande máquina (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Capítulo 2: Robert Boyle e a ruptura da Alquimia

A Alquimia é cheia de segredos. No entanto, na última geração, os estudiosos têm revelado cada vez mais seu conteúdo e importância surpreendentes. Não é mais descartado como perda de tempo ou busca de tolos. A Alquimia é agora cada vez mais reconhecida como uma parte fundamental da herança da química, das contínuas tentativas humanas de explorar, controlar e fazer uso do mundo natural. Os alquimistas desenvolveram conhecimento prático sobre a matéria, bem como teorias sofisticadas sobre sua natureza e transformações ocultas. Sua esperança de descobrir o segredo de preparar a pedra dos filósofos - um material supostamente capaz de transformar metais comuns em ouro - era um incentivo poderoso para seus empreendimentos. Mas, ao mesmo tempo, eles contribuíram para mineração e metalurgia, farmácia e medicina, e suas realizações e aspirações (assim como fracassos) inspiraram artistas, dramaturgos e poetas. Suas pesquisas e objetivos tiveram aspectos comerciais e científicos, além de filosóficos e teológicos. Muitos alquimistas expressaram (muitas vezes apenas implicitamente) uma forte confiança no poder dos seres humanos de imitar e melhorar a natureza, e seu trabalho incluiu a exploração do relacionamento dos seres humanos com Deus e o universo criado (PRINCIPE, 2013, p. 1, tradução nossa).

Estrutura do Capítulo

Capítulo 2: Robert Boyle e a ruptura da Alquimia

2.1 Boyle e os caminhos para a Química Moderna

2.2 A ruptura do saber alquímico

Neste capítulo, centraremos-nos em apresentar os principais trabalhos de Robert Boyle os quais levaram a mudança de pensar, ou seja, abrindo caminhos para uma concepção de mundo mecanicista e, que no futuro, ocasionou a incorporação da Química como Ciência Moderna. Também apresentaremos o processo de ruptura do pensamento alquímico, ocasionando a mudança de pensar em relação à Natureza.

Para Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016), nas discussões referentes à composição e às transformações da matéria, um mecanicista de destaque foi o filósofo Robert Boyle, com uma concepção diferente daquela dos aristotélicos que defendiam a teoria dos quatro elementos, e diferentes daquelas defendidas pelos paracelsistas (espagiristas) que defendiam a “tria prima”.

Para Robert Boyle, a matéria seria constituída por partículas, rejeitando os elementos aristotélicos e os três princípios alquímicos de Paracelsus (MARTIN, 2016). Boyle “[...] explica a diversidade dos corpos e suas modificações através da desigualdade de forma, grandeza, estrutura e movimento (no vácuo) de corpúsculos” (FREZZATTI Jr, 2005, p. 141). Assim, o mecanicismo permite explicar o mundo visível através de um mundo invisível.

A corrente mecanicista parte do princípio de que não existe qualidades ocultas, ou seja, o universo cartesiano é definido como um contínuo de matéria. “Totalmente redutível a partículas infinitamente divisíveis, cuja relação entre si é explicada em termos mecânicos de movimento perfeitamente quantificável” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 155). Para a autora, o mundo do pensador moderno seria um mundo mecanisticamente reduzido à matéria e ao movimento, e também descrito por leis rígidas e quantificáveis, na qual o espírito vitalista e qualitativo do alquimista iria cada vez mais perdendo seu espaço até não encontrar mais lugar. Podemos observar um excelente exemplo deste fenômeno nos estudos de Robert Boyle, no qual a química iniciará seu complexo, mas irreversível, processo de incorporação como teoria científica.

2.1 Boyle e os caminhos para a Química Moderna

Robert Boyle (1627-1691) nasceu na Irlanda, no castelo de Lismore, oriundo de família nobre, sua formação acadêmica se deu inicialmente em casa e em seguida foi para o Eton College, tendo Boyle completado seus estudos em viagens à França, Itália e Suíça. Durante sua formação inicial foi escritor no campo da moral, filosofia e religião. Anos depois, demonstra maior preocupação com a Química, construindo um laboratório em sua casa, dedicando-se à prática experimental, tendo como objetivo incorporar a Química no contexto da nova filosofia natural, e derrubar a ciência antiga que era vista como oculta e mística (ROBLES; BRIBIESCA, 2005; ANUNCIACÃO *et al.*, 2014).

É com os trabalhos de Boyle, sobre a transformação da matéria, que se rompe com o paradigma da Alquimia e impõe-se a Química mecanicista, “[...] integrando-se à nova Filosofia Natural, isto é, ao mecanicismo da ciência dos modernos” (FREZZATTI Jr., 2005, p. 149). É importante destacar que Robert Boyle entrou pelo estudo da química, pela porta da Alquimia. Boyle possui uma vasta quantidade de trabalhos com uma riqueza de detalhes, não cabe aqui descrever em detalhes e muitos menos fazer um resumo geral de sua obra, mas sim, escolher tópicos mais relevantes da mesma, que proporcionou introduzir a química entre as chamadas “ciências mecanicistas” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001).

Boyle, em seus primeiros trabalhos “Seraphic Love ou The Theological Uses of Natural Philosophy”, combinando ciência com religião, notadamente não fazia muito o uso da matemática como linguagem. Era comum, em seus experimentos, fazer longas descrições incluindo ilustrações dos instrumentos realizados, que pudessem através da linguagem comum, atingir o homem e todos os interessados, sem ter a necessidade de uma iniciação para

tal (ALFONSO-GOLDFARB, 2001; CÁRDENAS, 2005). Segundo Frezzatti Jr (2005) a prática experimental, para o químico e filósofo Boyle “[...] não era mais um meio de ligar o macro e o microcosmos, mas um meio para comprovação de teorias e elaboração de hipóteses. A experimentação no laboratório não era mais a síntese do Cosmos, mas a análise das partes de uma máquina, isto é, do Universo” (p. 150).

Na obra “The Sceptical Chymist”, escrita na forma de diálogo platônico, debatendo as ideias aristotélicas, espagiristas e filosofia natural, Boyle, através de Carneades e consigo mesmo, critica a teoria dos três princípios, dizendo que na verdade os princípios não existiriam na realidade. Por meio de uma análise química desses compostos, conclui que as substâncias mais simples “[...] em que tais compostos se dividem, varia, não somente em número (às vezes superior, às vezes inferior a três), como também no tipo de substância básica encontrada nos diferentes compostos” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 169). Nesse sentido, não existiria a homogeneidade dos três princípios básicos, então tal concepção (“tria prima”) não poderia ser considerada como forma universal da matéria.

Para Carneades, os três princípios deveriam ser substituídos pela hipótese corpuscular sobre a formação da matéria. De acordo com Alfonso-Goldfarb (2001, p. 169), os corpúsculos ou partículas,

[...] agregados de maneiras diversas, responderiam de maneira racional, aos problemas crescentes que a teoria dos três ‘princípios’ vinha enfrentando no confronto com a experimentação. Essas diferentes aglomerações corpusculares poderiam combinar-se de maneiras infinitas garantido resposta em casos nos quais na análise química detecta-se um número distinto de três substâncias básicas num composto. Assim como garantiria uma imensa quantidade de substâncias básicas, o que resolveria a questão da heterogeneidade na formação de diferentes compostos.

Tal hipótese corpuscular é a chave para introduzir a química à nova ciência, tida como mecanicista, e assim eliminar a “tria prima” que já se encontra desgastada e também a teoria dos quatro elementos (ALFONSO-GOLDFARB, 2001). Boyle em seus textos, “The Origins of Forms” e “Sceptical Chymist”, classifica os processos envolvendo a transformação da matéria em três níveis: *Prima naturalia* - entidade fisicamente indivisível, extremamente pequena e sólida, capaz de mover através do vácuo, criando aglomerados firmes e coesos a ponto de persistirem em soluções e outras operações (ALFONSO-GOLDFARB, 2001); *Corpúsculos secundários* - seriam capazes de transmitir certas características imutáveis às substâncias, formando aglomerados maiores, isto é, as substâncias compostas com graus de complexidade variados. Nesse nível seria possível ocorrer a operação de transmutação; e,

Substâncias compostas - composto heterogêneos e que podem ser facilmente recombinaíveis, nível em que ocorrem as reações químicas (FREZZATTI Jr, 2005).

Em um dos capítulos de sua obra intitulado “Redintegration of Nitre (Physiological Essays)”, Boyle menciona que o salitre se decomporia pela ação do fogo “[...] no que ele chamou de ‘nitron volátil’ (ácido nítrico condensado) e ‘nitron’ fixo (carbonato de potássio), gerado pelo carvão usado no aquecimento” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 186). A recombinação destas substâncias possibilitaria a obtenção do salitre, no entanto, com perdas do peso original. A respeito desse experimento, Boyle conclui que essa reação poderia ser reversível, o que confirma mais uma vez a teoria corpuscular. A reversibilidade das reações era algo impensável para os químicos da época, a prata dissolvida por ácido nítrico (aqua fortis) por exemplo, Helmont pensava que era apenas uma simples mistura, pois a prata seria recuperada no processo. Boyle vai contra essa ideia, dizendo que na verdade o composto final não é mais prata pura, mas um sal de origem ácida agregado no metal, aumentando o peso inicial, o que confirma a hipótese dos *corpúsculos secundários*. “Estamos diante de um significativo avanço para a futura teoria das reações” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 187).

Para Cecon (2010), os corpúsculos se agrupam em agregados e a posição desses corpúsculos em relação a outros é chamada de textura. A textura do agregado é a responsável pela ação de um pedaço de matéria em outro, assim a matéria adquire uma nova característica diferente daquela presente nos corpúsculos iniciais (BOYLE, 2017). Com o rearranjo dos corpúsculos é possível construir novos agregados, assim Boyle conclui que qualquer coisa pode se transformar em outra e que não existe um corpo simples. Para Boyle “[...] todos os corpos são compostos por agregados de corpúsculos” (CECON, 2010, p. 49). Assim, esses agregados ao interagir com outros agregados adquirem características, qualidades que não estão presentes nos corpúsculos (ZATERKA, 2012).

Foi por meio dos experimentos alquímicos que Boyle trabalhou para poder refutar as antigas doutrinas de formas substanciais. Para Boyle, a química era o modo de ler o livro da natureza, por meio dela seria possível derrubar as antigas crenças (hipóteses) e sustentar novas. Dentro da história da química, há uma divisão dos historiadores da ciência, por não considerarem Boyle como mecanicista, mas sim, como um químico ou até mesmo um alquimista. Dentre diversos motivos para contrapor o pensamento químico ao mecanicista está o fato de que Boyle reduz muitas vezes a explicação do mundo ao agrupamento das partes (CECON, 2010, p. 9).

Para Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016), as ideias mecanicistas de Boyle sobre a composição e as transformações da matéria não foram aceitas pelas maiorias dos químicos da época. No final do século XVII até o final do XVIII, as concepções que predominaram entre os químicos consistiam na existência de um princípio constituinte da matéria, denominado como o flogístico (ou flogiston) “[...] que seria uma substância impalpável presente em certos corpos inflamáveis, mas que, ao escapar destes, através da combustão, poderia ser transmitida a outros corpos tornando-os combustíveis” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 201).

Para Beltran, Saito e Trindade (2010), o flogístico poderia ser comparado ao fogo, mas também era ingrediente dos corpos, sendo capaz de promover a transformação da matéria. Na combustão, por exemplo, os materiais, sejam vegetais ou animais, ao queimarem liberariam flogístico para o ar. Já na calcinação, os metais ao queimarem liberariam flogístico para o ar e deixariam uma cinza, a cal. Mas também, seria possível regenerar os metais, pela união de materiais ricos em flogístico, a cal, por exemplo.

Dentro da História da Química, no período anterior a Lavoisier, que vai do final do século XVI até o início do século XVII, a então chamada “teoria do flogístico⁴” alcançou seu sucesso, defendida por George Ernst Stahl (1659/60-1734). Tal teoria baseava na existência de um princípio que poderia ser componente da matéria, denominado flogístico. Por apresentar qualidades de inflamabilidade, esse princípio seria responsável pelos fenômenos relacionados à queima de materiais e também se encontrava associado a outros princípios elementares. Dessa maneira, a teoria do flogístico foi muito usada para explicar a combustão dos materiais (ALFONSO-GOLDFARB, *et al.*, 2016).

2.2 A ruptura do saber alquímico

A obra de Roger Bacon mostra o momento em que Alquimia se instala no mundo europeu, enquanto a obra de Robert Boyle marca o rompimento de tal crença, o que não significou a instauração da química moderna, “[...] mas um caminho aberto para esta: uma espécie de vazio onde o cosmo ‘mecanicista’ se delinaria e geraria as ciências modernas” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 205). Tanto Bacon como Boyle são representantes de formas de pensar importantíssimas de suas épocas, mas não precursores da época seguinte. Dentro da História e Filosofia da Ciência, essa forma de interpretar os conhecimentos

⁴ De acordo com Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016) George Ernst Sthahl não foi o primeiro a usar o termo “flogístico”. Estudiosos como Van Helmont, Becher e Boyle, utilizaram esse termo em suas obras para designar um princípio responsável pela inflamabilidade.

humanos faz parte da historiografia moderna, sendo inútil buscar precursores e descendentes, pois, “[...] partindo-se da tese de que o saber é construído e não dado naturalmente, seria inútil buscar uma linha regular dentro deste” (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 205). Ao longo da história, cada época teria trabalhado com o saber de acordo com suas particularidades históricas, seria um desrespeito de nossa parte com a temporalidade inerente à cada época tentarmos construir uma espécie de história.

Embora grande parte da nomenclatura dos equipamentos e dos processos de manipulação sejam os mesmos, a forma e a finalidade de sua utilização serão extremamente diferentes para um alquimista e para um químico, ou seja, a mesma solução salina, o mesmo ácido usado por um e por outro, terão conceitos e significações distintos (ALFONSO-GOLDFARB, 2001). Quanto a essa questão, podemos explicá-la pela teoria da incomensurabilidade, proposta por T. S. Kuhn (2000), filósofo e historiador da ciência. Segundo ele, não haveria maneira de comparar, sob um mesmo padrão, conceitos e ideias que apresentam uma certa semelhança, mas provenientes de escolas de pensamento divergentes. Uma das razões para isso é que o tratamento sofrido pelo conteúdo de uma teoria ultrapassada, à luz de ideias baseadas em uma nova teoria, a transforma conceitualmente, tornando-a incomensurável, não significa necessariamente que não são passíveis de comparação (BELTRAN *et al.*, 2014). Isto porque os novos paradigmas nascem dos antigos, os mesmos “incorporam comumente grande parte do vocabulário e dos aparatos, tanto conceituais como experimentais, que o paradigma tradicional já empregava” (CARVALHO, 2012, p. 769).

Em sua obra “A estrutura das revoluções científicas”, Thomas S. Kuhn procurou apresentar um modelo para o desenvolvimento da ciência com base nos momentos de grandes mudanças conceituais, que seriam chamados de revoluções científicas. Assim, propôs a existência de momentos de rupturas no processo do desenvolvimento do conhecimento científico, a qual essa descontinuidade na ciência justificou por meio da noção de “paradigma” (BELTRAN *et al.*, 2014).

Para Kuhn (2000, p. 13), paradigmas são “[...] as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência”. Esse período no qual os problemas são resolvidos pelo paradigma, Kuhn denominou de “ciência normal”. Para esse autor (2000, p. 29),

A “ciência normal” significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior. Embora raramente na sua forma original, hoje em dia essas realizações são relatadas pelos manuais científicos elementares e avançados. Tais livros expõem o corpo da teoria aceita, ilustram muitas (ou todas) as suas aplicações bem sucedidas e comparam essas aplicações com observações e experiências exemplares.

Para Moreira e Massoni (2009), existem também os *problemas extraordinários, anomalias ou pesquisa extraordinária*, que aparecem devido ao avanço da ciência normal. As anomalias se acumulam levando o paradigma a uma crise, isso leva a formulação de teorias novas, forçando a comunidade científica a uma transição para um novo paradigma. Usando a linguagem de Kuhn (2000), digamos que ocorreu uma revolução científica. Para Silveira *et al.* (2019), a revolução científica é a mudança descontínua de um paradigma para outro, criando assim uma instabilidade, gerando crises e anomalias. “Uma anomalia será considerada potencialmente séria se for capaz de desestruturar os próprios fundamentos do paradigma e levá-lo ao desenvolvimento de várias faces, desestruturando-o de tal modo que” (SILVEIRA *et al.*, 2019, p. 4) torna-se necessário o surgimento de um novo paradigma, que seja capaz de promover a revolução científica.

Sabemos que todo conhecimento alquímico desde sua origem até o seu declínio não foi em vão, usando as palavras de Tramer *et al.* (2007, p. 17, *tradução nossa*) a “[...] Alquimia preparou o terreno em que a química foi construída”, sua herança deixada à química são inúmeras, como: várias substâncias químicas, compostos e reações, e também uma ampla gama de técnicas experimentais que permaneceram inalterados até a introdução da Química do século XX.

Concordamos com Alfonso-Goldfarb (2001) ao dizer que a Alquimia não era exatamente um estudo da ciência e da matéria, muito menos uma iniciação espiritual, mas sim, uma cosmologia ou uma forma de conhecimento do mundo. O caráter holístico e místico da Alquimia irá se romper para dar lugar à interpretação quantitativa e mecanística do mundo e da matéria. A cosmologia do saber alquímico, apesar das falhas, interrogações e problemas peculiares a qualquer forma de conhecimento, teria mantido viva e atuante, enquanto as dúvidas e anseios, em relação à natureza, fossem coerentes com as soluções que seu modelo tinha a oferecer (ALFONSO-GOLDFARB, 2001, p. 238). A ruptura do saber alquímico ocorre pelas contradições que seu contexto causava na nova forma de pensar, o que no futuro culminou o nascimento da Química Moderna.

Capítulo 3: História e Filosofia da Ciência e Ensino

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano sofrendo influências e influenciando por muitos aspectos da sociedade (MARTINS, 2006, p. 17).

Estrutura do Capítulo

Capítulo 3: História e Filosofia da Ciência e Ensino

3.1 Algumas perspectivas historiográficas

3.2 Reflexões sobre História da Ciência e Ensino

3.3 Alquimia e Ensino de Ciências: dissertações e teses disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

As primeiras Histórias das Ciências apresentavam um ponto de vista ideológico e um propósito historiográfico, ou seja, uma história heroica em que se dava atenção às conquistas sensacionais do espírito humano. Tendo como objetivo mostrar a continuidade da criatividade do espírito humano através dos séculos, destacar que a ciência se desenvolveu na Europa Ocidental – enquanto receptora da herança grega antiga – e tornar aceitável o ponto de vista de que o critério de progresso, cultura e de garantia de bem-estar da sociedade, baseava-se na aceitação do modo de pensamento concreto e de produção científica historiada nesses primeiros livros de História das Ciências (GAVROGLU, 2007). De acordo com Mendes (2014), as primeiras Histórias das Ciências carecem dos aparatos conceituais e metodológicos, nelas os historiadores ignoram inúmeros problemas de grande importância e também escrevem uma História da Ciência pouco crítica, totalmente desvinculada da sociedade em que a mesma se desenvolveu.

Segundo Gavroglu (2007), a maioria dos historiadores e filósofos das ciências que defende uma abordagem internalista, tinha a convicção de que a ciência é algo independente da atividade humana. Esta convicção tirou da História das Ciências o seu elemento fascinante, de que a ciência também é criada por pessoas que vivem em sociedade, e não por mecanismos intelectuais independentes das experiências, das ideologias, das convicções e das aspirações humanas. Os historiadores contrários a essa convicção defendem que as ciências resultam de diversas interações, não apenas intelectuais, mas também sociais, nas quais participaram todos quantos contribuíram para a sua formação. “É hoje um fato adquirido que as orientações ideológicas das ciências, o seu ambiente cultural, as suas convicções filosóficas, mas também

os seus compromissos ontológicos, influenciaram a formação das características desse fenômeno que é ciência” (GAVROGLU, 2007 p. 20).

Dessa forma, a História das Ciências é a história dos homens que de alguma maneira se esforçam por investigar e compreender a estrutura e funcionamento da natureza. E também a História das Ciências estuda as instituições que foram criadas em conjunturas históricas concretas, nas quais a ciência foi cultivada e foram consagradas algumas de suas práticas teóricas e técnicas experimentais. No seu seio,

muitos homens pretenderam convencer outros homens sobre aquilo que acreditavam ser verdadeiro, transmitir o seu entendimento relativamente aos tipos de funcionamento da natureza e, frequentemente, legitimar os modos como os tinham entendido em locais e condições temporais particulares. As ciências adquiriram forma a partir das ideias, das técnicas e das práticas que os homens imaginaram a fim de investigarem a natureza, das entidades, dos princípios das leis e que eles descobriram, e a partir também das instituições que criaram e das aplicações que imaginaram. Mas os próprios homens *também* dão forma às ciências, por meios dos seus diversos pontos de vista ideológicos, filosóficos, estéticos religiosos e políticos, bem como por meio de suas diversas práticas sociais. Por isso, a História das Ciências que tem por objeto a ciência *como fenômeno social e cultural*, e os historiadores da ciência investigam a história desta, tendo em consideração que as particularidades locais, temporais e culturais têm desempenhado um papel importantíssimo na formação não só do discurso científico mas também na função social da ciência (GAVROGLU, 2007, p. 21).

Para Kragh (2001), o desenvolvimento da ciência sempre foi acompanhado pelas descrições e análises dos fatos históricos. Aristóteles, por exemplo, quando pretendia dizer algo referente aos átomos e o vazio, reproduzia excertos da história do atomismo e entrava em debate com as ideias de Demócrito. Um matemático grego quando pretendia resolver um problema, o procedimento inicial era apresentar um relato da história desse assunto específico, sendo parte integrante do problema em causa. O autor menciona ainda que o nosso conhecimento perante a História da Ciência é extremamente limitado, por ausência expressiva de informação de fonte original. Tomamos como exemplo Eudemo, que viveu no século IV a.C. Acredita-se que ele tenha escrito uma história da astronomia e uma da matemática, mas ambas se perderam. O conhecimento que temos hoje delas se deve, principalmente, aos trabalhos de comentadores e posteriores, no final do período clássico (princípio da Idade Média) (KRAGH, 2001).

A partir dos séculos XVI e XVII, quando surgiu a nova ciência, a descrição e análise dos fatos históricos, ou seja, a história propriamente dita, ainda era encarada como parte integrante do conhecimento científico. No final do século XVII, ocorreram modificações,

tornando-se comum evidenciar o conhecimento moderno à custa do antigo, sofrendo grande influência religiosa, principalmente, pelo protestantismo. Assim, os historiadores pretendiam remontar a origem da ciência a um conhecimento bíblico (KRAGH, 2001).

Em meados do século XVIII, conhecido como a Era das Luzes, a história foi encarada como um instrumento de progresso. Aqui a História da Ciência é marcada pelo seu otimismo científico e ingênuo, a ciência ainda não era encarada como um fenômeno histórico. Somente a partir do século XIX, a História da Ciência adquire seu *status* de profissionalização, ganhando prioridade o método científico e histórico. A partir daí, torna-se comum os cientistas incluírem em seus trabalhos uma “introdução histórica”, com a finalidade de resumir a história prévia do assunto em questão e inscreviam os seus próprios trabalhos nessa tradição. Tomamos como exemplo Charles Darwin, que incluiu em edições posteriores de “A Origem das Espécies (1872)” uma descrição histórica e uma avaliação do conceito de evolução desde Lamarck, às suas próprias contribuições. (KRAGH, 2001).

Para Videira (2007), ao longo do século XX ocorreu um decisivo processo de institucionalização da História da Ciência. George Sarton ⁵(1884-1956), “na primeira metade do século criou a revista “Isis”, ainda hoje publicada, sendo apenas uma dentre outras revistas que apareceram. Entre os finais do século XIX e início do século XX, o “Collège de France” abrigou uma cátedra de História da Ciência, durante alguns anos” (VIDEIRA, 2007, p. 131). São exemplos simples de uma longevidade bem maior da História da Ciência.

Entre 1950 e 2000, a disciplina específica em História da Ciência passou por três fases historiográficas distintas. A primeira delas pode ser caracterizada como positivista e presentista, nela a ciência é encarada como um corpo de conhecimento, teologicamente estruturado e experimental, ou seja, o progresso em relação ao domínio da ciência seria imprescindivelmente teórico, de natureza cognitiva e dependente dos grandes nomes, considerados como gênios e pais da ciência. A segunda fase, chamada de pós-positivista, derivada basicamente da conjunção de dois fatores: o primeiro é a influência que Kuhn passou a ter após 1962, ano que publicou a obra “A estrutura das revoluções científicas”; o segundo relacionado a Imre Lakatos, que desenvolveu uma resposta baseada na existência dos chamados programas de pesquisa. A terceira fase, chamada de pós-modernista, a ciência é encarada como uma entidade sociológica configurada por restrições contingentes, vinculadas a agentes específicos e a práticas locais (VIDEIRA, 2007).

⁵ G. Sarton, foi um dos estudiosos mais ativos no processo de institucionalização da História da Ciência. Era matemático e positivista, escreveu uma grande quantidade de livros e artigos, organizou encontros internacionais e também contribuiu para a formação de diversas sociedades (BELTRAN *et al.*, 2014).

A História da Ciência enquanto disciplina autônoma é algo bastante recente ainda, tal autonomia não significa apenas a existência da História da Ciência como uma disciplina acadêmica, mas como uma disciplina que seja capaz de determinar, de forma independente, os seus temas de pesquisas e os critérios que as regerão (VIDEIRA, 2007).

Na próxima seção discutiremos algumas perspectivas historiográficas, as quais nos permitem compreender e interpretar os episódios e fatos históricos do passado.

3.1 Algumas perspectivas historiográficas

Ao mencionar as origens da Química Moderna, temos duas ideias bastante consideradas. Num primeiro momento, tem-se a Alquimia como uma “pré-química”, considerando os alquimistas como os responsáveis pela criação de aparatos e algumas técnicas. Em outro momento, temos uma visão predominante nos livros didáticos, relatando Lavoisier, como o “pai da química”, por ter derrubado a teoria do flogístico e ter inaugurado a química moderna (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010).

Essas ideias foram construídas com base na historiografia da ciência, a qual atualmente é considerada ultrapassada. Isso porque, tal historiografia tende a julgar o passado com os olhos do presente (historiografia positivista e presentista), “[...] selecionando-se de épocas anteriores apenas ideias que se assemelham com as que se tem hoje” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010, p. 14). Porém, considerando outras perspectivas historiográficas que foram elaboradas com a finalidade de entender o âmbito das análises históricas da ciência, de modo que o próprio desenvolvimento interno da ciência não é contínuo, esse desenvolvimento está relacionado com questões sociais, econômicas e culturais da época (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010).

Os autores ainda afirmam que o historiador da ciência tem acesso aos conhecimentos antigos de duas maneiras: por meio de originais (fontes primárias) que podem ser textos, imagens ou documentos da cultura material (objetos físicos); e literatura secundária (fontes secundárias) que abrangem trabalhos sobre o tema focalizado, escritos por pesquisadores contemporâneos. Na historiografia tradicional, o passado é visto com os olhos de hoje, assim tem a visão de que a ciência teria se desenvolvido progressivamente e linearmente. Nesse caso, a História da Ciência representaria o progresso do espírito humano e da sociedade.

Vale ressaltar que a História da Ciência não está pronta e acabada, isso porque a própria História da Ciência é reinterpretada e reescrita de tempos em tempos (BELTRAN;

SAITO; TRINDADE, 2014). Podemos entender a historiografia da ciência como a escrita da história (BELTRAN *et al.*, 2014). Para Videira (2007), a historiografia é:

[...] um discurso crítico, que procura mostrar, o mais claramente possível, as bases epistemológicas, históricas, políticas e axiológicas sobre as quais os discursos históricos são construídos. Em outros termos, as narrativas em história da ciência possuem “raízes” que não são visíveis. Cabe à historiografia descobrir que “raízes” são essas e por que foram elas as escolhidas. Tanto melhor será a narrativa histórica, quanto mais consciente for o seu autor dos pressupostos historiográficos empregados para elaborá-la (VIDEIRA, 2007, p. 122-123).

Podemos chamar de historiografia a produção de historiadores, que é entendida como um conjunto de situações e acontecimentos pertencentes a uma determinada cultura, sendo o objeto de estudo dos historiadores. A historiografia é composta por textos escritos, a qual traz uma reflexão dos acontecimentos históricos com um caráter discursivo novo, para desvendar aspectos da história, mas não uma mera descrição da realidade histórica. Por outro lado, a história é constituída por um encadeamento de atividades humanas ocorridas ao longo do tempo, e a mesma existe independentemente da existência dos historiadores. Além desses dois níveis (historiografia, história), temos um terceiro nível que procura refletir sobre a atividade dos historiadores, este chamaremos de meta-historiografia, que busca discutir as metodologias de pesquisas dos historiadores e/ou sobre várias correntes de historiografia da ciência (MARTINS, 2004).

Para D’ Ambrosio (2004, p. 166), “[...] a historiografia é, essencialmente, a história das narrativas, do registro dessas narrativas e da interpretação dos processos de decisão tomados por grupos sociais”. É na historiografia que se definem a busca e a interpretação dos dados históricos, por mais antigos que sejam os registros do passado, pois a articulação e a interpretação desses registros surgem com o desenvolvimento da linguagem e do pensamento simbólico.

A História da Ciência pode ser escrita sob duas perspectivas historiográficas distintas. Num primeiro momento, tem-se a historiografia internalista, conhecida também como historiografia tradicional. Nela, a ciência é encarada como autônoma, neutra e apresenta sua própria dinâmica, independente da sociedade que a gerou (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014). A perspectiva internalista está amplamente relacionada à comunidade científica, tendo como base o realismo matemático de perfil platônico e cartesiano. Os fatores externos e suas influências são desconsiderados, favorecendo apenas que o desenvolvimento da ciência se dá a partir lógica e da experimentação (SILVA, 2018). Nesse sentido, a

abordagem internalista acaba gerando a ideia de que os conhecimentos atuais são melhores do que os do passado (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Uma abordagem anacrônica também é característica da historiografia tradicional. Para Kragh (2001), na abordagem historiográfica anacrônica o passado deve ser estudado com a visão de ciência que temos hoje, para que possamos compreender seu desenvolvimento e o modo como conduz o presente, “o que contribui para uma visão distorcida de História da Ciência” (LOMBARDI, 1997, p. 345).

Em oposição a essa vertente, temos a historiografia externalista, nela a ciência é tida como uma atividade humana, que deve ser compreendida considerando o conjunto social, político e econômico de sua época (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Para Kragh (2001), na perspectiva externalista, o pesquisador deve escrever o passado como realmente ele foi, ou seja, fazer uma descrição fidedigna do rumo dos acontecimentos do passado. Mas, não cabe ao historiador da ciência interpretar e avaliar as ocorrências do passado, muito menos retirar conclusões sobre o presente ou o futuro com base na história. E também, a abordagem externalista, não privilegia o debate entre diferentes teorias de um determinado período e, também, elimina toda complexidade envolvida no processo de fazer da ciência (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

As abordagens com características diacrônicas, também vão ao encontro de uma abordagem externalista. A abordagem diacrônica permite estudar o passado com a visão de ciência e opiniões que existiam no passado, quaisquer ocorrências futuras que não apresentam influência no período de análise devem ser descartadas (KRAGH, 2001).

Concordamos com Beltran, Saito e Trindade (2014) quando afirmam que num estudo historiográfico ambas as abordagens devem ser consideradas (internalista e externalista). Assim é possível que a história da ciência seja estudada como cada cultura, cada comunidade científica e cada época construiu suas formas de ver o mundo (ALFONSO-GOLDFARB, 1994). A partir disso, a ciência moderna deixa de ser o padrão para as ciências do passado, já que as ciências do passado tinham seus próprios critérios do que fosse verdadeiro ou falso. A ciência atual deve ser estudada historicamente a fim de entender a constituição dos critérios que lhe deram sua origem (ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

Segundo Alfonso-Goldfarb, Ferraz e Beltran (2004), a ruptura com a historiografia continuísta se deu por volta dos anos 60, gerada pelo debate em torno da obra “A Estrutura das Revoluções Científicas” de Thomas Kuhn (2000) que desmontou radicalmente as bases do continuísmo. A definição de ciência pré-paradigmática e paradigmática, suprimiram as possíveis rupturas no processo de conhecimento, o que permitiu observar a

incomensurabilidade entre as teorias de diferentes períodos, assim foi possível eliminar da História da Ciência a concepção de pais e precursores.

O descontínuo assumido por esse modelo não permitiu “[...] avaliar a tendência à continuidade que parece ter existido tradicionalmente na *práxis* da ciência, mesmo nos momentos em que as teorias passavam por reformulação” (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004, p. 53). Então, a partir dos anos 70, o estabelecimento de um modelo descontinuísta mais abrangente permitiu revisar profundamente o modelo tradicional, o que auxiliou na construção de uma nova perspectiva historiográfica que vem se desenvolvendo até os dias atuais. A nova perspectiva historiográfica tem como princípio “[...] não só a observação pontual e minuciosa de estudos de caso, mas também as variantes regionais e circunstanciais que os envolveram e particularizaram dentro do contexto mais geral ao qual pertenciam” (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004, p. 54).

De acordo com esses autores, a nova historiografia propõe: a difusão para outras áreas do saber; e a diluição do conhecimento encarado como “pré” e “proto” ciência. Assim, vários conhecimentos dentro da História da Ciência, que foram esquecidos, exilados e até mesmo deformados, passaram a ter relevância, como por exemplo, a Alquimia, que muitas das vezes, foi encarada como uma pseudociência.

A nova Historiografia da Ciência delineada por Frances Yates, Walter Pagel, Georges Canguilhem, Allen G. Debus e Pyo M. Rattansi, propiciou análises historiográficas não continuístas, mas sem negligenciar as permanências (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004; BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014). Na análise historiográfica não continuísta, o passado deixa de ser visto com os olhos do presente e também evita a imposição generalizada de fórmulas descontinuístas. Dessa forma, a nova historiografia da ciência defende uma interpretação do passado em termos diacrônicos, ou seja, os acontecimentos do passado devem ser avaliados de acordo com o contexto da época, levando em consideração as crenças, teorias, metodologias, vigentes em questão. Ao adotar uma interpretação diacrônica, o pesquisador não pode “[...] se descolar de seu próprio contexto tampouco se inserir no contexto investigado” (ROZENTALSKI, 2018, p. 42).

No Quadro 2 apresentamos uma comparação entre os aspectos da antiga e da nova historiografia da ciência. Em resumo, a antiga historiografia da ciência, caracterizada também como anacrônica, ou seja, o passado é visto através do presente, carregava a concepção de progresso da ciência, prevalecendo que a evolução da ciência dependia apenas de fatores internos. Por outro lado, a concepção externalista considera a inclusão de fatores externos no

desenvolvimento da ciência, ou seja, que o desenvolvimento científico está atrelado às questões sociais, políticas e econômicas (LEME, 2008).

Quadro 2 – Comparação entre a antiga e a nova historiografia da ciência.

Antiga historiografia da ciência	Nova historiografia da ciência
Noção de progresso como um desenvolvimento acumulativo e linear.	Desenvolvimento através de continuidades e rupturas.
Origem na Grécia antiga.	Origens diversas.
Erros e acertos em relação a um caminho pré determinado que conduz à verdade, através de um processo acumulativo.	Não acumulativa e desprovida de julgamentos do tipo “certo e errado”.
A ciência caminha em direção à verdade.	O que é a “verdade” depende do contexto.
Processo “evolutivo” da ciência (cada vez “melhor”).	O que é melhor depende do contexto.
Diferencia ciência de protociência e pseudo-ciência.	Estuda os diferentes contextos de cada ciência.
Busca pelos precursores das idéias atuais.	Estuda as várias formas de ciência, incluindo as que hoje não são consideradas como tais.
Ciências físicas como modelo.	Considera outras áreas da ciência.
Deixa de lado elementos não científicos do trabalho dos cientistas.	Leva em consideração a complexidade dos pensadores, incluindo os elementos não científicos.
Foco centrado na origem das idéias e teorias da ciência.	Reconhece a importância da prática.
Foco centrado na Europa e no Ocidente.	Considera a ciência das diferentes culturas.
Abordagem anacrônica.	Abordagem considerando o contexto da época.
Considera apenas aspectos internos da ciência.	Considera aspectos internos e externos à ciência.
Abordagem extensiva (“enciclopédica”).	Estudos de casos, considerando o contexto, análise de fontes primárias, aparato das fontes, contextualização.
História interna das idéias; as idéias mudam devido à racionalidade, independente da época e local.	Não é a história do triunfo da racionalidade humana. Considera aspectos internos e externos.

Fonte: Leme (2008, p. 28).

Como podemos observar no Quadro 2, a nova historiografia além de considerar os fatores internos no desenvolvimento da ciência, também considera o desenvolvimento da ciência como uma atividade humana, e que a mesma deve ser analisada à luz do contexto social, político e econômico de sua época (LEME, 2008). Assim é possível estudar como cada cultura, cada comunidade científica, construíram suas formas de ver o mundo.

3.2 Reflexões sobre História da Ciência e Ensino

As pesquisas educacionais em Ensino de Ciências relatam que na educação básica o ensino de ciências vem sofrendo várias críticas, principalmente, por estudantes e professores desmotivados, e também os elevados índices de analfabetismo científico (SILVA, 2006). Nesse sentido, diversas abordagens e metodologias estão sendo propostas para tentar solucionar ou, até mesmo, minimizar esses problemas. Dentre as abordagens, pode-se destacar

o uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de ciências e sua inserção em sala de aula.

Para Silva (2006), um dos grandes desafios do uso adequado da História e Filosofia da Ciência no ensino é a produção de material didático de qualidade, e que seja acessível ao nível de maturidade dos diversos públicos, sejam estudantes, professores, entre outros. O uso da História da Ciência não deve ser uma mera caricatura dos cientistas e dos fatos históricos, e muito menos um amontoado de anedotas engraçadas. Ao utilizá-la, como uma estratégia didática, não se deve esperar que os estudantes memorizem todos os argumentos envolvidos, como por exemplo, algumas disputas históricas.

A utilização da História da Ciência no ensino não é substituir o ensino convencional das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas. O uso adequado de alguns fatos históricos permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, isso nos permite entender que a ciência não é algo isolado de todos os outros conhecimentos, mas sim “faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando, por sua vez, muitos aspectos da sociedade” (SILVA, 2006, p. 18).

A História da Ciência, quando usada de forma adequada, também permite compreender o processo coletivo e gradativo na construção do conhecimento científico, dessa forma é possível desenvolver uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações (SILVA, 2006). A autora ainda afirma que isso contribui para a formação de um espírito crítico e desmitificação do conhecimento científico, ou seja, a ciência não é criada pelos “grandes gênios” e na maioria das vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com falhas, até mesmo sem uma base observacional e experimental. Mas essas ideias foram aperfeiçoadas, por meio de debates e críticas, que muitas vezes transformam os conceitos iniciais.

Para Matthews (1995, p. 165) a História e Filosofia da Ciência não traz todas as respostas para solucionar os problemas do ensino de ciências, porém traz algumas considerações relevantes como:

[...] humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais

autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

Nesse sentido, a História da Ciência é um conhecimento essencial para a humanização da ciência. Através dela, é possível o enriquecimento cultural, permitindo a conexão entre ciência e sociedade. Uma das recomendações de se inserir a abordagem histórica no ensino de ciências consiste em ensinar menos para ensinar melhor. Cabe aos elaboradores do currículo, a grande missão de “[...] promover reestruturações visando muito mais eliminar do que acrescentar conteúdos de ensino” (OKI; MORADILLO, 2008, p. 69).

Assim, é indispensável a inserção da História e Filosofia da Ciência em aulas de ciências, porque além de contribuir para a construção do conhecimento, de modelos e teorias, também:

(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 (MATTHEWS, 1995, p. 172).

A abordagem histórica do conhecimento científico apresenta um importante valor pedagógico, pois tem um papel facilitador na alfabetização científica do cidadão. Nesse sentido, a História e Filosofia da Ciência podem contribuir para que professores e alunos modifiquem suas concepções sobre “ciência, método científico, construção do conhecimento científico, minimizando problemas do ensino de química, como o dogmatismo, a a-historicidade e a metodologia de ensino” (LOGUERCIO; DEL PINO, 2006, p. 70).

Para Martins (1998), a utilização da abordagem histórica da ciência em sala de aula é possível: a) por meio de episódios históricos a fim de mostrar o processo gradativo e lento na construção do conhecimento; b) podendo possibilitar ao educando a formação do espírito crítico, ajudando-o a compreender que o processo de construção do conhecimento também está relacionado à questões sociais, políticas, filosóficas e/ou religiosas.

Ao introduzir tópicos de História da Ciência na abordagem dos conteúdos, o educador poderia levar os estudantes a perceberem que os conhecimentos científicos de forma alguma estão distanciados da sociedade e da época que foram elaborados, sofrendo suas influências e, por sua vez, influenciando-a (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010). A

finalidade de se introduzir abordagem histórica dos conteúdos em aulas de ciências, não é formar “mini cientistas” e/ou “mini historiadores da ciência”, mas cidadãos que se reconheçam na produção científica, da mesma forma que se reconhecem na música e nas obras de artes, assim é possível a valorização da ciência para a formação da cidadania (BELTRAN; TRINDADE, 2017).

Para essas autoras, em diversos países a História da Ciência foi incluída nos cursos para professores em formação inicial, a fim de proporcionar a construção do conhecimento pautada em valores referentes à ciência e aos aspectos relacionados à sua produção histórica. Isso, para que o professor, em sala de aula, possa abordar os conceitos científicos e suas transformações inseridas na realidade humana, despertando os interesses dos alunos e gosto pela ciência.

No Brasil, uma parcela considerável dos cursos de licenciaturas das áreas científicas tem implementado por meio de uma disciplina específica, que trate o conteúdo histórico e filosófico (MARTINS, 2007). Mesmo considerando, desde a formação inicial, elementos históricos e filosóficos – “ainda que feita com qualidade – não garante a inserção desses conhecimentos nas salas de aula do ensino básico (MARTINS, 2007, p. 115)”. Isso porque ainda não há materiais especializados dirigidos ao ensino de História da Ciência, nos cursos da Educação Superior (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Quando se fala da utilização da HFC na educação básica, alguns problemas e dificuldades enfrentados por professores e também discutidos na literatura são: “a falta de material pedagógico adequado, assim como as dificuldades de leitura e interpretação de texto por parte dos alunos (MARTINS, 2007, p. 115)”. Cabe salientar que a História da Ciência não é uma “tábua de salvação” para os problemas enfrentados em sala de aula, a sua inserção seria um caminho, a fim de estabelecer uma interface no ensino para promover a criticidade⁶ dos estudantes (BELTRAN; TRINDADE, 2017).

Diante disso, torna-se necessário repensar a formação do professor, um tipo de formação que almeja contribuir para: “evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino e aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula” (MARTINS, 2007, p. 115). A relação entre História da Ciência e ensino é necessária para que o professor, a partir de fontes adequadas, promova uma visão mais crítica em relação a ciência e à construção do conhecimento científico (BELTRAN; TRINDADE, 2017). Desse

⁶ Podemos entender por criticidade a formação de cidadãos capazes de lutarem contra a hegemonia das minorias e buscarem relações de justiça e igualdade entre as pessoas (JORDÃO, 2007).

modo, ao considerar a História da Ciência como fomentadora de estratégias para o ensino e aprendizagem, algumas questões devem ser discutidas, tais quais: como inserir tal conhecimento em um curso de professores em formação inicial? Quais abordagens ideais para a inclusão da História da Ciência na educação básica, nesse caso nas aulas de Química? (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010).

Não é uma tarefa fácil unir a História da Ciência e o ensino para que alcance um significativo aproveitamento pedagógico, voltado para a aprendizagem, uma vez que a perspectiva histórica dominante nos materiais didáticos continua a valorizar os grandes nomes da ciência. Concordamos com Beltran, Saito e Trindade (2010) ao dizerem que na maioria das vezes os livros didáticos e paradidáticos trazem “uma visão de História da Ciência ultrapassada, da qual os pais ou precursores são os protagonistas” (p. 123). De acordo com Alfonso-Goldfarb (2003), essa concepção é extremamente anacrônica, pressupõe que todo o conhecimento passado objetiva o presente, resultando nas ideias de que a ciência é criada por precursores e pais da ciência.

Nos livros didáticos de Química, por exemplo, a Alquimia é abordada como uma coleção de erros e superstições, relatando apenas algumas práticas e deixando de lado as explicações simbólicas. A Alquimia, “um campo de conhecimento legítimo em sua época é considerada, nesses textos, como uma pseudociência” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010, p. 124).

Além disso, em sala de aula, os conteúdos curriculares são ensinados com base em teorias e conceitos aceitos pela comunidade científica, deixando de lado aspectos importantes que permitiriam compreender a ciência como um conhecimento humano e que está em constantes transformações (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010). Fica evidente que, ao introduzir tópicos da História da Ciência, os educadores poderiam levar seus estudantes a perceber “que os conhecimentos científicos não estão distanciados das necessidades da sociedade e da época no qual foram elaborados, sofrendo suas influências e, por sua vez, influenciando-as” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010, p. 119).

Uma das dificuldades em abordar tópicos de História da Ciência em sala de aula é que, muitas vezes, a história abordada nos livros didáticos é separada do conteúdo específico da disciplina. Usualmente, são apresentadas pequenas biografias daqueles que foram considerados os grandes gênios da ciência e/ou a História da Ciência e, meramente, concebida como informações e curiosidades científicas (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010). Esse tipo de abordagem nos livros didáticos empobrece o conhecimento científico de épocas

passadas e induz que não há necessidade de entender e compreender os processos envolvidos na construção do conhecimento científico (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010).

Em sala de aula, as atividades com base em tópicos de História da Ciência devem estar integradas ao ensino dos conteúdos específicos. Tais atividades devem privilegiar a seleção de episódios que evidenciam debates entre concepções e modelos diferentes para a explicação de um mesmo fenômeno. Assim, é possível o aluno refletir sobre a coerência interna de concepções elaboradas em diferentes épocas e culturas (BELTRAN; TRINDADE, 2017).

A abordagem Histórica da Ciência pode ser considerada e utilizada como um recurso didático de grande utilidade, fazendo com que o ensino de ciências, em nível médio, torne-se mais interessante, facilitando sua aprendizagem. Assim, tal abordagem pode ser aplicada tanto ao ensino de Química como de Biologia, Física e Matemática (MARTINS, 1998). Dessa forma, é possível que os alunos construam uma visão mais crítica em relação à construção do conhecimento científico. Desse modo, evitaria a ideia de que os professores “precisem transformar pequenos gregos em jovens Newtons, além de auxiliar a romper com a ideia da superioridade e predestinação do conhecimento científico” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010, p. 120).

A abordagem da História e Filosofia da Ciência vêm sendo valorizada por diversos pesquisadores, professores e educadores (A. M. P. Carvalho, D. Gil-Pérez e M. R. Matthews) envolvidos no campo da educação. Isso porque tal abordagem permite a “reflexão e discussão da gênese e da transformação de conceitos sobre a natureza, as técnicas, e as sociedades, bem como a análise dos diversos modelos de elaboração de conhecimentos” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 101).

Entendemos que a utilização da História da Ciência em sala de aula, não solucionaria todos os problemas enfrentados no ensino de ciências, desde insucesso, fracasso escolar e analfabetismo científico, mas seu uso minimizaria tais problemas. E também contribui para que o aluno tenha uma visão de ciência mais contextualizada, de que a mesma está em constantes mudanças e transformações.

Nas próximas seções, nos centraremos em apresentar algumas reflexões de trabalhos presentes em teses e dissertações relacionados a História da Ciência, e daremos ênfase aos trabalhos dedicados à Alquimia.

3.3 Alquimia e Ensino de Ciências: dissertações e teses disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

Falar acerca da História da Química constitui-se uma tarefa desafiadora, podendo ser priorizada por alguns e desconsiderada por outros, o que podemos verificar quando somos incumbidos de realizar um recorte e discorrer sobre um determinado tema, que no nosso caso, é a Alquimia. Para Silva *et al.* (2011), “[...] os aspectos histórico, filosófico e epistemológico da Química são pouco explorados nos cursos de formação inicial de professores, fato que é lamentável” (p. 1), pois reconhecemos a necessidade de que o professor em formação entenda como a Química evolui enquanto ciência, quais paradigmas foram substituídos, quais teorias foram refutadas, e de quais contextos emergiram as teorias, sejam políticos, sociais, econômicos e filosóficos, isso proporciona que o professor amplie sua compreensão em relação à natureza da ciência.

Segundo Silva *et al.* (2011), um período muito citado ao tratar sobre história da Química, mas pouco explorado, é o da Alquimia. Para alguns, a Alquimia seria o início da Química, para outros, a Alquimia e a Química tratam coisas diferentes. Embora a Alquimia possa ser considerada uma parte da Química, ou uma fase anterior a esta, é uma discussão ainda atual. Ao estudarmos a Alquimia a fundo, encontramos muitos aspectos (técnicas desenvolvidas e utilizadas pelos alquimistas) que contribuíram para o desenvolvimento da Química Moderna, conforme alguns aspectos já destacados neste trabalho.

Diante desse contexto, buscou-se por teses e dissertações disponíveis *online* na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Para a busca, utilizou-se os termos “Alquimia”, “Alquimia e ensino”, “Alquimia e ensino de ciências” e “Alquimia e ensino de química”. Optamos por realizar a busca por trabalhos publicados até o ano de 2019.

Ao todo, foram encontrados 114 trabalhos relacionados aos termos pesquisados. A partir da leitura do título, palavras-chave e resumo, foram identificados quatro trabalhos relacionados ao foco de nosso estudo, como mostra o Quadro 3. A leitura dos resumos foi suficiente para realizar a exclusão dos trabalhos que não estavam relacionados com o foco de interesse da pesquisa.

Quadro 3 - Trabalhos selecionados para esse estudo.

	AUTORES	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
Dissertação	Coura, (2016)	COURA, M. I. M. C. Atuação do PIBID ciências em uma sequência didática investigativa sobre Alquimia . 2016. 111f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, MG.
	Moreira, (2014)	MOREIRA, N. S. Lavoisier, da Alquimia à química moderna: teatro para a popularização científica e a educação em ciência . 2014. 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências da Natureza) - Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
	Santana, (2012)	SANTANA, E. M. O uso do jogo autódromo alquímico como mediador da aprendizagem no ensino de química . 2012. 173f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, SP.
Tese	Cecon, (2010)	CECON, K. A relação entre filosofia mecânica e os experimentos alquímicos de Robert Boyle . 2010. 160f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, SP.

Fonte: Autoria própria.

O trabalho de Coura (2016) trata de uma sequência didática sobre a Alquimia elaborada e aplicada por bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) em ciências, que foi dividida em 6 momentos com duração de 1h e 40 min cada um. No primeiro momento, foi realizada uma discussão teórica com base em materiais textuais e mídias relacionados ao tema Alquimia, para que os alunos compreendessem a influência da Alquimia nos conceitos e estudos relacionados à Química Moderna. O segundo momento, consistiu na aplicação de um jogo de cartas, dividido em três grupos: período de tempo, imagem e fato importante ocorrido naquela época. Na terceira etapa, os alunos foram instigados a relacionar alguns equipamentos laboratoriais e materiais utilizados no dia-a-dia com a Alquimia. Posteriormente, foram discutidos com os alunos sobre os procedimentos e matérias para a montagem de um destilador, e realizaram esse procedimento usando materiais alternativos. Na quinta e sexta etapa, foram realizadas discussões sobre a produção de sabonete artesanal e em seguida os alunos realizaram o procedimento.

Na discussão teórica, Coura (2016) usou uma série de materiais, tais como: trechos dos livros de Nicolau Flamel e do livro e do filme “Harry Potter e a Pedra Filosofal”; resumo dos livros “O Alquimista” de Paulo Coelho e “O Pequeno Alquimista” de Marcio Trigo; o primeiro episódio do anime “*Fullmetal Alchemist Brotherhood*”; encarte do mangá “*Fullmetal Alchemist*”; as músicas “Os alquimistas estão chegando” de Jorge Ben Jor e “Gita” de Raul Seixas e Paulo Coelho; e os jogos online “*World Warcraft*”, “Alquimia Virtual” e “*Little Alchemy*”. É importante destacar que uso desses materiais podem se constituir um recurso potencialmente útil, quando associados à textos científicos, de forma a

potencializar questionamentos, diálogos, para que o aluno compreenda como foi o processo de construção de conhecimento.

Para Coura (2016), ao fazer uma avaliação geral da atividade aplicada, os resultados mostraram que houve um significativo envolvimento dos alunos para a construção do conhecimento científico. Essa atividade apresentou caráter investigativo, proporcionando aos alunos a discussão e valorização dos seus conhecimentos prévios, na construção de novos conhecimentos. Ainda a autora afirma, que a atividade permitiu uma discussão de conceitos relacionados à prática alquímica e à Química Moderna.

Moreira (2014), em sua pesquisa de mestrado, objetivou produzir uma peça teatral sobre o momento histórico da superação da Alquimia, com o surgimento da Química Moderna, bem como avaliar as contribuições do teatro como recurso educacional. A partir de discussões teóricas sobre a passagem paradigmática da Alquimia para a Química Moderna, foi produzido um texto sobre a vida e obra de Lavoisier, “[...] ressaltando a descontinuidade que este cientista provocou na interpretação dos fenômenos materiais ao desenvolver uma metodologia teórico-experimental que amparasse suas conclusões” (MOREIRA, 2014, p. 55), para posteriormente escrever e encenar um texto teatral, sendo possível sua divulgação científica.

Para o autor, a produção da peça teatral permitiu uma criação artística e interdisciplinar que busca atingir o imaginário, sendo possível reconstruir a Ciência de um ponto de vista humano, ou seja, mostrar que as teorias estão associadas aos contextos sociais, culturais, geográficos, científicos e históricos. O teatro proporciona ao aluno formas de manifestação, permitindo ao educando a utilização de diferentes formas de linguagem, como corporal, verbal, plástica, escrita, expressando suas vivências e experiências de maneira mais crítica. Assim, o aluno por meio de suas ações interage com o meio em que vive de maneira eficaz.

Na pesquisa realizada por Moreira (2014), verificamos que este buscou, por meio da peça teatral, trabalhar a mudança paradigmática da Alquimia para a Química, atribuindo grande destaque à vida e obra de Lavoisier. Por outro lado, o autor não deu muita ênfase à Alquimia. Disso percebemos que, para muitos, a Alquimia não tem grande importância, algo que deve ser repensado. Trabalhar alguns tópicos de História da Ciência por meio do teatro é de suma importância, como vimos no trabalho de Moreira (2014), permite a participação mais ativa dos alunos e também permite uma articulação entre Ciência e Arte, usando como temática central a História dos primórdios da Química. Dessa forma, a utilização de peças teatrais para trabalhar os aspectos históricos da Química, além de fornecer uma visão mais

humanizada e contextualizada de ciência também “pode colaborar para a formação cultural dos alunos, estimulando o seu senso crítico e propondo discussões que venham a contribuir para sua formação como cidadãos” (MOREIRA, 2014, p. 77).

A pesquisa de Santana (2012) teve como objetivo criar e aplicar um jogo didático denominado “Autódromo Alquímico” (jogo de tabuleiro, semelhante a uma corrida de carrinhos, baseado no tema Alquimia), para mediar a construção do conhecimento dos alunos referente às transformações dos materiais. Segundo Santana (2012), o motivo para a escolha da temática Alquimia deve-se ao fato de ter constatado que a mesma se encontra presente em filmes, jogos (RPGs, Vídeos Games), desenhos e livros, os quais representam o universo cultural desses alunos. “Entretanto, em geral esses produtos culturais apresentam vários equívocos conceituais e epistemológicos que, inclusive, se reproduzem em diversos livros didáticos (os quais costumam apresentar a Alquimia como precursora da Química Moderna” (SANTANA, 2012, p. 30).

O jogo didático foi aplicado nos anos de 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010 em uma rede privada do Estado da Bahia aos alunos do 9º ano do ensino fundamental. A atividade foi aplicada em nove turmas (263 alunos) com faixa etária de 13 a 15 anos. Das nove turmas, o jogo foi aplicado em três, como teste piloto para verificar a aplicabilidade da metodologia proposta. A atividade consiste em um conjunto que abrangeu 10 horas-aula, que compreendeu, primeiramente, a aplicação do pré-teste, e depois o uso de um filme, para um estudo dirigido de discussões, de pesquisas e do próprio jogo “Autódromo Alquímico” (SANTANA, 2012).

Segundo Santana (2012), os resultados mostraram que o jogo didático “Autódromo Alquímico” conduziu os estudantes a uma abordagem sócio-cultural do processo, propiciando diversas discussões referente às relações entre Alquimia e Química. Esse tipo de atividade em sala de aula permite que sejam desenvolvidos algumas habilidades nos alunos tais como: “[...] facilidade em dialogar, tomar decisões, criticar, argumentar, liderar o grupo, coleta de informações, estratégias de ação, o aprendizado com os outros, a participação conjunta, a responsabilidade, e respeito pelos demais [...]” (SANTANA, 2012, p. 160). A autora conclui que a aplicação do jogo permitiu a aprendizagem e ressignificação dos conceitos Alquimia e Química, favorecendo a formação de um cidadão crítico e reflexivo.

Coura (2016) e Santana (2012) utilizaram os recursos audiovisuais para abordar a Alquimia em sala de aula, ambos utilizaram filmes. Coura (2016), por exemplo, apresentou aos alunos diferentes materiais textuais e mídias relacionados ao tema da Alquimia, os quais mostram o lado mágico e místico da Alquimia, o que ao nosso ver passa uma concepção

descontextualizada do que realmente foi a Alquimia. Já Santana (2012), utilizou o filme “Harry Potter e a Pedra Filosofal” como instrumento introdutório às aulas de Química, mas a autora não descreve em detalhes como foram os estudos e as discussões após a aplicação do filme, o que nos leva a ideia de que o filme seria o agente responsável para fornecer ao aluno o que seria de fato a Alquimia. E sabemos que tal filme está altamente relacionado à magia e à bruxaria, o que pode contribuir para a disseminação de ideias conceitualmente errôneas, comprometendo a construção do conhecimento do aluno, fazendo com que o mesmo tenha uma visão totalmente equivocada do que foi a Alquimia. Para que o professor possa abordar fatos e episódios históricos em sala de aula, é necessário que ele recorra à literatura e, com o uso de fontes adequadas e aspectos da nova historiografia, possibilite uma concepção correta do processo de construção do conhecimento científico

A tese de Cecon (2010) teve como objetivo analisar a filosofia mecânica de Robert Boyle, a fim de mostrar a compatibilidade entre seu pensamento químico e mecanicista. Para isso, Cecon (2010, p. 10) baseou-se nas obras completas de Boyle: “Origin of Forms and Qualities, Mechanical Origin of Qualities, Sceptical Chymist, Experiments Touching Colours (History of Colours) e Experiments Touching Cold (History of Cold), Excellency of Theology.

A partir dessa análise, o autor constatou que o trabalho alquímico de Boyle tem um real valor dentro da história da ciência. Longe de um caráter exclusivamente místico e psíquico, a Alquimia praticada por Boyle possui um caráter de filosofia da natureza. Robert Boyle, em seus experimentos havia um rigoroso uso da balança, usando técnicas refinadas, a purificação dos reagentes, o registro dos resultados, a precisão laboratorial e o desenvolvimento e comprovação de teorias (CECON, 2010). Os experimentos alquímicos de Boyle sustentam e dão base para a sua filosofia.

Dos quatro trabalhos analisados, apenas três deles (dissertações) realizaram a pesquisa sobre a Alquimia voltada para sala de aula. Coura (2016) e Santana (2012), além de usarem discussões em sala de aula, trabalharam a Alquimia por meio de jogo didático, enquanto Moreira (2014) trabalhou a passagem da Alquimia para a Química Moderna, por meio de uma peça teatral, porém o autor dá grande destaque em Lavoisier, elevando sua imagem como o “pai da química” – um personagem que teria inaugurado a Química Moderna. De acordo com Beltran *et al.* (2010), essa ideia foi construída com base numa perspectiva historiográfica, que atualmente é considerada ultrapassada, porque a mesma tende a julgar o passado com os olhos do presente. Esse modelo anacrônico traz a ideia de que a ciência é construída por grandes nomes “precursores” e “pais” da ciência.

Ao nosso ver, fica evidente que para evitar que Alquimia seja abordada em sala de aula com certos erros conceituais como: magia, bruxaria e superstições, o uso de pequenos textos científicos, experimentação, mapas conceituais, dentre outros, podem se constituir importantes recursos para os professores. E também acreditamos que trabalhar a Alquimia, com uma visão atual da história da ciência, por meio de uma situação de estudo⁷, possa contribuir para um ensino voltado para a construção de conhecimento, rompendo com a metodologias tradicionalistas, o que pode auxiliar o educando no processo de ensino e de aprendizagem (BELTRAN; TRINDADE, 2017).

Concordamos com Gatto (2017), que uma situação de estudo seja capaz de direcionar os estudantes a relacionarem as leis e princípios, favorecendo assim condições para que possam compreender os conceitos envolvidos, e também desenvolver habilidades, atitudes e competências, o que contribui para a reflexão dos conceitos e as situações propostas ao longo do processo de construção do conhecimento.

⁷ É um estudo realizado por um coletivo de pessoas em interação. Numa situação de estudo a Ciência é significada como uma criação cultural/histórica e específica, como um conhecimento estruturado e simplificando a complexidade do real, tem grande possibilidade de se ter uma compressão relevante sobre “algo” no mundo, “co-participando nos cumprimentos da função fundamental e insubstituível da escola, na apropriação de linguagens e pensamentos específicos capazes de uma nova ação no meio” (ZANON; MALDANER, 2007, p. 116).

Capítulo 4: Caminhos Metodológicos

O exercício da pesquisa é uma qualidade eminentemente humana, desenvolvida na cultura e na história humanas. Através dela o ser humano criou instrumentos práticos e teóricos que lhe permitem agir e pensar de uma certa forma sobre a natureza e obter as respostas desejadas. Com ela mudaram as relações dos homens com a natureza, mudou o homem e mudaram as relações entre os homens. Porém, como prática cultural e histórica, a pesquisa não é uma herança biológica, assim como não são os conceitos científicos e toda a prática científica e tecnológica. Elas devem ser construídas e reconstruídas junto a cada indivíduo nos processos educacionais. Ao compreendermos isso, muda a nossa concepção de pesquisa, de ciência, de tecnologia e, como consequência, renova-se a nossa prática pedagógica (MALDANER, 1999, p. 291).

<p>Estrutura do Capítulo Capítulo 4: Caminhos Metodológicos 4.1 Fases da Análise</p>
--

A pesquisa é de natureza qualitativa, visto que tal abordagem responde a questões muitos particulares, apresentando um nível de realidade que não pode ser quantificado (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2009).

Em outras palavras, a pesquisa qualitativa trabalha com,

[...] o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes. Esse conjunto de fenômenos humanos é entendido aqui como parte da realidade social, pois o ser humano se distingue não só por agir, mas por pensar sobre o que faz e por interpretar suas ações dentro e a partir da realidade vivida e partilhada por seus semelhantes (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2009, p. 21).

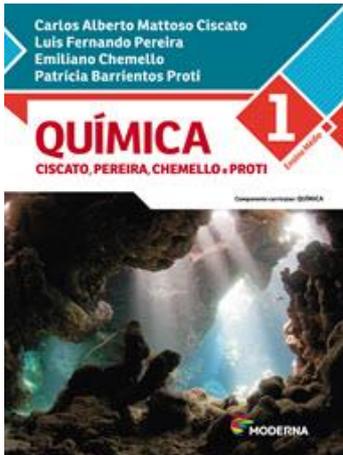
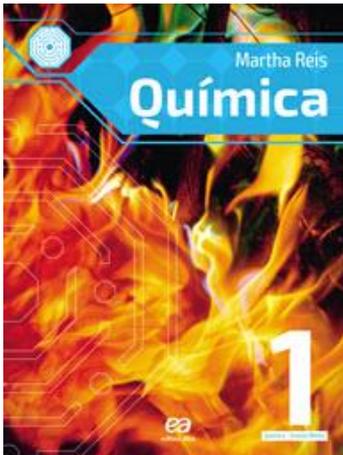
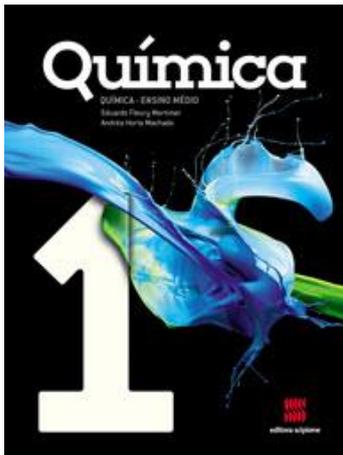
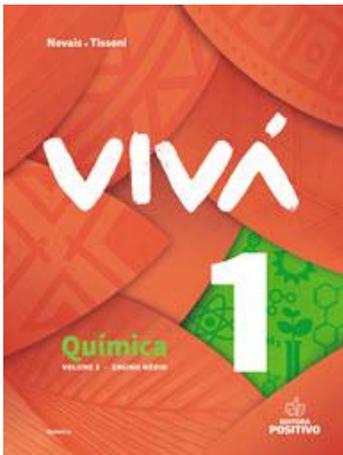
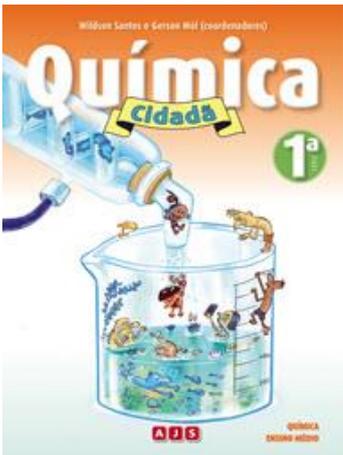
Para Ludke e André (2013), os documentos sejam eles: leis e regulamentos, normas, pareceres, cartas, memorandos, diários pessoais, autobiografias, jornais, revistas, discursos, roteiros de programas de rádio e televisão, livros, estatísticas e arquivos escolares, também são um fonte poderosa, de onde podem ser encontradas evidências que fundamentam afirmações e declarações do pesquisador. Os mesmos, representam uma fonte “natural” de informação, além de ser uma fonte de informação contextualizada, surgem num determinado contexto e fornecem informações sobre esse mesmo contexto.

Com o propósito de responder o problema central da pesquisa: Como a Alquimia é abordada nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018? buscamos analisar como a Alquimia é apresentada nos livros didáticos (LD) de Química, aprovados pelo PNLD 2018. Para isso, os primeiros passos da pesquisa foram destinados a uma breve reconstrução

histórica da Alquimia, como fundamentos da análise dessa temática, nos livros didáticos selecionados. Posteriormente, realizamos de forma geral algumas reflexões sobre contribuições da História da Ciência na abordagem dos conteúdos curriculares, seguido de uma revisão, em busca de possíveis trabalhos relacionados a História da Ciência. Por fim, delineamos um recorte constituído por trabalhos relacionados à Alquimia, pois é o foco de interesse desse estudo.

Com a finalidade de encontrar possíveis imagens e/ou conteúdos relacionados à Alquimia no livro didático de Química, foram analisados o volume 1 dos livros aprovados pelo PNLN, do ano de 2018. Optamos realizar a análise apenas no volume 1 dos livros didáticos pelo fato de esse volume envolver conteúdos relacionados à constituição e à transformação da matéria, visto que os alquimistas se fundamentavam em explicar os segredos da matéria, ou seja, explicar como a matéria era constituída e quais os processos envolvidos em suas transformações. Os livros didáticos selecionados para a análise são apresentados no Quadro 4, identificados pelas letras LD que remete à palavra livro didático, seguido por um código numérico.

Quadro 4 - Livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018.

Livro 1 (LD1)	Livro 2 (LD2)	Livro 3 (LD3)
<p>Referência:</p> <p>CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P. B. Química - Ciscato, Pereira, Chemello e Proti. v. 1. São Paulo: Moderna, 2016.</p> 	<p>Referência:</p> <p>FONSECA, M. R. M. Química: ensino médio. v. 1, São Paulo: Ática, 2016.</p> 	<p>Referência:</p> <p>LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M. Ser protagonista: química ensino médio. v. 1. São Paulo: Edições SM, 2016.</p> 
Livro 4 (LD4)	Livro 5 (LD5)	Livro 6 (LD6)
<p>Referência:</p> <p>MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química: ensino médio. v. 1. São Paulo: Scipione, 2016.</p> 	<p>Referência:</p> <p>NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. Vivá: química ensino médio. v. 1. Curitiba: Positivo, 2016.</p> 	<p>Referência:</p> <p>SANTOS, W. L. P. Química cidadã: ensino médio. v. 1. São Paulo: Editora AJS, 2016.</p> 

Fonte: Autoria própria

Para compreendermos como a Alquimia é apresentada nos livros didáticos de química aprovados pelo PNLD 2018, utilizamos como critérios de análise (Quadro 5), as marcas da historiografia tradicional apontados por Beltran *et al.* (2014). Esses mesmos aspectos foram utilizados por Santos (2015) ao analisar a forma que os livros didáticos de

Química aprovados pelo PNL D 2012 e 2015, vêm apresentando o conteúdo de História da Ciência.

Quadro 5 - Critérios de análise, para os livros didáticos selecionados.

Identificação	Critérios de Análise (Marcas da Historiografia Tradicional)
1	Narra uma História da Ciência linear e progressista;
2	Tem como modelo as ciências físicas (mecânicas) e matemáticas;
3	Seleciona do passado apenas as ideias, teorias e práticas que parecem ter permanecidos;
4	Dá ênfase a erros e acertos dos feitos passados, tomando como critério as ideias científicas do presente;
5	Busca os precursores e os pais das ideias científicas da ciência moderna;
6	Parte da distinção entre ciência e pseudociência.

Fonte: Adaptado de Beltran; Saito; Trindade, (2014, p. 106); Santos (2015); Beltran; Trindade, (2017, p. 87)

Com base nesses critérios de análise, buscamos compreender se as abordagens referentes à Alquimia presentes nos livros didáticos apresentam aspectos da historiografia tradicional, considerada por Beltran *et al.* (2014) ultrapassada. Ainda de acordo com os autores, tal perspectiva historiográfica considerada continuísta, direcionava o pesquisador a olhar para o passado com os olhos de hoje, ou seja, selecionar apenas o que havia permanecido. Isso é anacrônico e indica que todo conhecimento do passado apresentava como objetivo evoluir para chegar à ciência de hoje (BELTRAN *et al.*, 2014).

Para Beltran *et al.* (2014), como consequência da historiografia tradicional, tem-se uma história feita pelos grandes nomes da ciências, os quais são chamados de “pais” ou “precursores” de uma determinada área do conhecimento, deixando de lado a complexidade do fazer científico, os debates ocorridos, a convivência de diferentes ideias num mesmo período e também as influências sociais e econômicas que nortearam a ciência.

Já a perspectiva historiográfica atual permite estudar como cada cultura, como cada comunidade científica e cada época construíram, com base em seus objetivos e suas formas de ver o mundo, “os critérios das verdades que regeriam sua ciência” (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 86). E se as ciências de épocas e culturas anteriores tivessem seus próprios critérios do que fosse verdadeiro ou falso, então a ciência moderna deixaria de ser o padrão para as demais. Tornando assim, uma ciência entre muitas, nem melhor nem mais completa do que as outras, a ciência moderna poderia ser estudada historicamente para que pudéssemos entender a constituição dos critérios que lhe deram formação.

Para Alfonso-Goldfarb (1994, p. 86), “sem o peso da continuidade, a História da Ciência deixou de fabricar seus enormes compêndios, suas crônicas dos honoráveis pais ou precursores da ciência”. Dessa forma, podia se dedicar sem medo e com seriedade, aos estudos sobre o que fora a magia, a Alquimia, dentre outros. Considerando que em outras épocas e com outros critérios, estas haviam sido expressões do conhecimento sobre a natureza.

4.1 Fases da Análise

Para a coleta e análise dos dados utilizamos duas etapas: a) Identificação e coleta dos dados; e b) Análise dos dados com base nos critérios de análise apresentado no Quadro 5.

A primeira fase de constituição dos dados para análise dos livros didáticos, consistiu na leitura ampla e aprofundada dos livros didáticos selecionados neste estudo. Considerando que a Alquimia pode se apresentar de variadas formas nestes livros didáticos, utilizamos como critério orientador de análise a busca por aspectos que de alguma forma se relacionam ou se aproximam da Alquimia. Assim, em cada página dos livros didáticos foram observadas palavras, imagens, períodos, contextos que de alguma forma nos remetem à Alquimia.

A segunda fase desta pesquisa, as abordagens encontradas nos livros didáticos referentes à Alquimia, foram analisados com base nos critérios apresentados no Quadro 5. Tais critérios nos ajudaram a verificar se os livros didáticos apresentam características da historiografia tradicional.

A seguir detalhamos cada critério descrito no Quadro 5. Ressaltamos que não há obrigatoriedade da existência de todos os aspectos, a presença de alguns desses critérios listados já é suficiente para identificar que tal abordagem faz parte da historiografia tradicional.

1) *Narra uma História da Ciência linear e progressista*, pressupõe o desenvolvimento contínuo e acumulativo de ciência, visando estabelecer seu nascimento e desenvolvimento através do progresso da civilização. Nessa visão, o conhecimento científico é apresentado como uma sucessão de fatos, organizado de forma cronológica, desconsiderando os debates e embates teóricos que fizeram parte de sua formulação (BELTRAN; TRINDADE, 2017).

2) *Tem como modelo as ciências físicas (mecânicas) e matemáticas*, as chamadas ‘ciências exatas’, especificamente a física e a matemática, seriam a base sobre a qual eram mensuradas as ciências do passado (ALFONSO-GOLDFARB; BELTRAN, 2004).

3) *Seleciona do passado apenas as ideias, teorias e práticas que parecem ter permanecidos*, nesse modelo anacrônico que seleciona de épocas anteriores apenas ideias que se assemelham com as de hoje. Assim, a ciência se desenvolveria continuamente e com o passar dos anos se tornaria mais completa (BELTRAN *et. al.*, 2010).

4) *Dá ênfase a erros e acertos dos feitos passados, tomando como critério as ideias científicas do presente*, nessa visão “prezava as descobertas e enfatizam os erros e acertos” (BELTRAN; TRINDADE, 2017, p. 63), observando o passado com os olhos de hoje, “marcando, assim o progresso da humanidade até culminar na ciência do presente” (BELTRAN; TRINDADE, 2017, p. 63).

5) *Busca os precursores e os pais das ideias científicas da ciência moderna*, uma visão de ciência ainda enraizada na historiografia tradicional, que busca eleger um personagem principal de uma determinada descoberta científica, deixando de lado debates e construções que contribuíram de alguma forma no desenvolvimento de determinado pensamento, ou seja, uma visão individualista heroica da ciência (BELTRAN; TRINDADE, 2017).

6) *Parte da distinção entre ciência e pseudociência*, predomina a visão de proto-ciência e de pseudociência, que visa o conhecimento do passado com os olhos do presente. Dessa forma, considera todo o conhecimento do passado como um “prelúdio para o conhecimento científico dito ‘verdadeiro’ da era contemporânea” (BELTRAN; TRINDADE, 2017, p. 69).

Seguindo a ordenação dos critérios descritos, passamos para a apresentação da análise dos dados, considerando que cada livro didático foi analisado separadamente.

Capítulo 5: A análise dos Livros Didáticos do PNLD 2018

[...] o saber não se reduz a uma representação subjetiva nem a asserções teóricas de base empírica; ele implica sempre o outro, isto é, uma dimensão social fundamental, na medida em que o saber é justamente uma construção coletiva, de natureza lingüística, oriunda de discussões, de trocas discursivas entre seres sociais (TARDIF, 2002, p.196).

Estrutura do Capítulo

Capítulo 5: A Análise dos Livros Didáticos do PNLD 2018

- 5.1 Análise do livro de Ciscato *et al.* - química - Ciscato, Pereira, Chemello e Proti
- 5.2 Análise do livro de Fonseca - Química: ensino médio
- 5.3 Análise do livro de Lisboa *et al.* - Ser protagonista: química ensino médio
- 5.4 Análise do livro de Mortimer e Machado - Química – ensino médio
- 5.5 Análise do livro de Novais e Antunes - Vivá: química - ensino médio
- 5.6 Análise do livro de Santos *et al.* - Química Cidadã: ensino médio
- 5.7 Reflexão dos livros didáticos analisados

O Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio, o PNLEM, implantado em 2004, prevê a distribuição de livros didáticos para os alunos do Ensino Médio público de todo o país. A partir de 2006, o PNLEM universalizou distribuição de livros didáticos de português e matemática para todos os estados brasileiros (PNLEM, 2019).

Pela primeira vez, em 2007, as escolas públicas de todo o país passaram a receber os livros didáticos de Biologia. Em 2008 outro marco importante foi a distribuição de 7,2 milhões de livros didáticos de Química para a rede pública de ensino (PNLEM, 2019).

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), nos últimos anos, tem se aperfeiçoado para ir além dos conteúdos escolares, mas também, para auxiliar o professor enquanto educador, na construção de estratégias e/ou metodologias didático-pedagógicas para o ensino (BRASIL, 2017).

Em particular, para o ensino de Química, os livros didáticos apresentam conceitos, procedimentos e informações incluindo a ciência, a tecnologia, o ambiente e a indústria. Abordagens estas, que podem contribuir para que o aluno perceba as relações entre os três níveis do conhecimento científico: o fenomenológico, o teórico e o representacional (BRASIL, 2017).

No PNLD 2018, para a componente curricular de Química foram aprovadas seis coleções de livros didáticos, cada uma dividida em três volumes, tais coleções tendem abranger a diversidade do contexto educacional brasileiro. As coleções escolhidas para ser

usadas em sala de aula deve ser coerente com a proposta pedagógica da escola, para que possa ser um recurso a mais para estudo pelos estudantes, assim o livro didático é um complemento para que o docente enriqueça “suas atividades em sala de aula com exemplos, textos, exercícios e propostas pedagógicas. (BRASIL, 2017, p. 20).

Dentre os critérios destacados pelo Ministério da Educação (MEC) para que os livros didáticos sejam aprovados, é necessário que o mesmo incorpore a legislação nacional brasileira, aspectos específicos do conhecimento científico e seu ensino. O livro didático é um instrumento que auxilia os docentes em sala de aula, então além de trazer os conteúdos específicos do conhecimento químico, também é necessário que o livro didático aborde: atividades de caráter investigativo, a experimentação, a contextualização, a História da Química e a interdisciplinaridade (BRASIL, 2017).

Dessa maneira, escolhemos analisar o volume 1 de cada coleção aprovada pelo PNLD (2018), na busca de possíveis abordagens relacionadas à Alquimia, e verificar se tal abordagem permeia aspectos da antiga historiografia. Visto que, para que uma coleção didática seja aprovada, a mesma deve compreender a química como uma atividade humana e que está sujeita a influências políticas, éticas, econômicas e sociais (BRASIL 2017).

No Quadro 6 apresentamos brevemente os dados obtidos em cada livro didático, em relação à Alquimia. Para delimitar com que frequência esses aspectos históricos aparecem, adaptamos os critérios usados por Tavares (2010), ao analisar livros didáticos de química do PNLD 2008.

Quadro 6 - Frequência com que os aspectos históricos referentes à Alquimia são explorados no decorrer dos capítulos.

Livros Didáticos	Capítulos que são contemplados a Alquimia	Abordagem dos conteúdos*				
		Aparece infimamente	Discutida em poucos momentos	Aparece em parte considerável do capítulo	Permeia a maior parte do capítulo	Encontra se ao longo de todo capítulo
LD1	Capítulo 1: A conservação dos alimentos e as transformações dos materiais		x			
	Capítulo 3: Elementos químicos e tecnologia: modelos sobre a constituição da matéria		x			
LD2	Capítulo 4: Transformações da matéria		x			

LD3	Capítulo 1: Química: objeto de estudo e aplicações		x			
	Capítulo 11: Funções da Química inorgânica	x				
LD4	-			-		
LD5	Capítulo 1: Química - que ciência é essa?		x			
	Capítulo 2: Leis das reações químicas e teoria atômica de Dalton			x		
LD6	Capítulo 3 - Química e Ciência;				x	

*Fonte: Adaptado de Tavares (2010, p. 88).

De maneira geral, como mostra o Quadro 6, a Alquimia é apresentada em poucos momentos, nos três, dos seis livros analisados, como: LD1, LD2 e LD3, já no LD4 a Alquimia não se destaca em nenhum capítulo do livro didático. No LD5 a Alquimia aparece em parte considerável dos capítulos, e no LD6 se destaca por ter uma maior abordagem histórica referente à Alquimia.

A seguir, apresentamos a análise de cada livro didático, detalhadamente, com base nos critérios do Quadro 5, apresentando alguns momentos e trechos em que os autores trazem a Alquimia para discutirem e articularem os conteúdos e conceitos químicos. Busca-se compreender se a Alquimia nesses livros didáticos é apresentada com base na abordagem tradicional da História da Ciência.

5.1 Análise do livro Ciscato *et al.* - química - Ciscato, Pereira, Chemello e Proti

O livro didático LD1 está dividido em seis capítulos, com 288 páginas e apresenta conteúdos referentes à Química Geral e Inorgânica. Segundo Ciscato *et al.* (2016), o assunto de cada capítulo presente no livro didático foi escolhido com a finalidade de apresentar temas significativos relacionados a sua aplicação e/ou interferência na sociedade. Temos como exemplos centrais: “conservação de alimentos, água potável no mundo, pilhas e baterias, medicamentos, qualidade da alimentação, combustíveis, entre outros” (CISCATO *et al.*, 2016, p. 290). O Quadro 7 apresenta como estão organizados os conteúdos.

Quadro 7 - Capítulos e seus respectivos temas, presentes no LD1.

Química - Ciscato, Pereira, Chemello & Proti	
Capítulos	Temas
Capítulo 1: A conservação dos alimentos e as transformações dos materiais	Tema 1: As transformações químicas e os alimentos; Tema 2: Conceito e representação de transformações químicas; Tema 3: A conservação da massa nas transformações químicas; Tema 4: A produção das massas nas transformações químicas.
Capítulo 2: Obtenção de álcool combustível e as propriedades dos materiais	Tema 1: Estudo da densidade; Tema 2: Estudo da volatilidade e das temperaturas de fusão e de ebulição; Tema 3: Estudo da solubilidade dos materiais; Tema 4: Estudo dos processos de separação de misturas.
Capítulo 3: Elementos químicos e tecnologia: modelos sobre a constituição da matéria	Tema 1: Os átomos e os elementos químicos; Tema 2: Uma das ferramentas mais importantes da Química: a tabela periódica; Tema 3: As ligações químicas: como relacionar modelos da estrutura da matéria e as propriedades dos diferentes materiais?; Tema 4: Geometria molecular.
Capítulo 4: A chuva ácida e o estudo das substâncias envolvidas em sua formação	Tema 1: Formas de avaliar o caráter ácido ou básico de soluções aquosas; Tema 2: O comportamento ácido-base segundo Arrhenius; Tema 3: As reações de neutralização e as características dos sais; Tema 4: Os óxidos e o pH de suas soluções aquosas.
Capítulo 5: Quantidade de matéria e estequiometria: obtenção e principal aplicação do enxofre	Tema 1: Interpretação das transformações químicas em nível submicroscópico e suas representações; Tema 2: Ideias de Avogadro e o estudo da quantidade de matéria; Tema 3: Estudo do cálculo estequiométrico; Tema 4: Cálculos estequiométricos e o sistema produtivo: rendimento de reações, pureza e excesso de reagentes.
Capítulo 6: O gás oxigênio e sua importância para a vida na Terra	Tema 1: Obtenção do gás oxigênio a partir do ar atmosférico e as interações intermoleculares; Tema 2: O gás oxigênio e os processos metabólicos: estudo de misturas com componentes gasosos; Tema 3: A lei dos gases ideais e os cálculos estequiométricos envolvendo substâncias gasosas.

Fonte: Autoria própria.

No primeiro capítulo, “A conservação dos alimentos e as transformações dos materiais”, os autores lembram a ideia da transmutação com base no pensamento aristotélico, por meio da teoria dos quatro elementos como apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Indícios da Alquimia presente na abordagem dos conteúdos.

Aristotélico:
relativo a Aristóteles, importante filósofo grego que viveu entre 384 a.C. e 322 a.C.

◆ **Algumas ideias sobre as transmutações dos materiais**

Jean-Baptiste van Helmont tinha uma hipótese para explicar os resultados de seu experimento, apresentado no início deste tema: como adicionou apenas água da chuva à planta, ele acreditou que as árvores cresciam porque se alimentavam de água e consequentemente havia a transmutação de água no material que formava a árvore. Ou seja, que um material poderia se tornar outro. Essa conclusão tinha suas raízes no pensamento **aristotélico** da existência de quatro elementos primordiais (terra, água, ar e fogo) e da possível conversão de um elemento em outro.

No período da Idade Média e do Renascimento, alguns estudiosos acreditavam que o fogo poderia se transformar em água durante o aquecimento, ou que seria possível obter um material mais valioso a partir de outro de menor valor. Os diferentes experimentos realizados por eles, denominados alquimistas, auxiliaram na construção do conhecimento científico, ao serem desenvolvidos vários equipamentos e materiais até então desconhecidos. Muito além da realização de experimentos, os alquimistas preocupavam-se também com questionamentos e discussões filosóficas.



DOUGLAS, William Fettes. *O alquimista*, 1853. Óleo sobre tela, 130,7 cm × 100,3 cm [detalhe ampliado da tela]. A origem da Alquimia remonta à Idade Antiga.

Fonte: Ciscato *et al.* (2016, p.28)

Sobre esta Figura 3, os autores fazem menção à teoria dos quatro elementos e aos alquimistas, de forma modesta, visto que poderiam ter inserido orientações acerca da teoria aristotélica e ter informado que a mesma foi adotada pelos alquimistas e depois de algum tempo, outras teorias foram necessárias para explicar, como realmente ocorreria a transmutação.

Além disso, “no período da Idade Média e do Renascimento” (CISCATO *et al.*, 2016, p. 28), alguns estudiosos poderiam transformar um material de menor valor em um valioso. Nesse excerto permite entender que a Alquimia tenha se desenvolvido apenas na Idade Média. A prática da Alquimia começou na antiguidade e se estendeu até a Idade Média, segundo Alfonso-Goldfarb (2001) a primeira manifestação desse conhecimento se deu na Alexandria.

No excerto, “*os diferentes experimentos realizados por eles, denominados alquimistas, auxiliaram na construção do conhecimento científico [...]*”, notamos a presença dos critérios 6 “Parte da distinção entre ciência e pseudociência”, aqui a Alquimia é apresentada como uma introdução ao conhecimento científico, classificando-a como uma pré-ciência. “Esta também é uma característica da historiografia tradicional” (BELTRAN; TRINDADE, 2017, p. 105). Na historiografia atual não se faz a distinção entre ciência e pseudociência, não se olha a ciência do passado com a visão da ciência de hoje.

Na historiografia tradicional assuntos que fizeram parte da visão de natureza do homem, em períodos anteriores à ciência de hoje, foram ignorados, ou até mesmo marcados como “pseudociência”. Considerando a nova historiografia da ciência entendemos que a Alquimia, agrega elementos importantes do desenvolvimento da ciência moderna (DEBUS, 2004).

Nesse mesmo excerto, os autores complementam afirmando que “[...] *ao serem desenvolvidos vários equipamentos e materiais até então desconhecidos*” (CISCATO *et al.*, 2016, p. 83). Desprende-se desse excerto, aspectos do critério 3, que “seleciona do passado, apenas ideias, teorias e práticas que parecem ter permanecidos”. Nesse sentido, a Alquimia destacada neste livro dá ênfase apenas às ideias que se assemelham com as de hoje, conhecido como um modelo anacrônico, no qual seleciona do passado apenas conceitos e teorias aceitos no presente (BELTRAN *et. al.*, 2010).

Para evitar esse anacronismo, os autores do LD5 poderiam estar em consonância com uma abordagem diacrônica, nesse tipo de historiografia, o relato e a análise dos fatos históricos são fundamentais e devem considerar o contexto socio-histórico-cultural em que tais fatos estiveram presentes. As comparações entre teorias se tornam possíveis com teorias do mesmo período, com ideias aceitas e válidas naquela época, ou seja, mediante aos critérios aceitos em cada cultura (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

No capítulo três deste mesmo livro “Elementos químicos e tecnologia: modelos sobre a constituição da matéria”, os autores retomam a teoria aristotélica e, somente nesse momento, tal teoria é mencionada como suporte aos alquimistas para transformação de um metal em outro, como apresentado na Figura 4:

Figura 4 - Informação referente a Alquimia, presente no livro didático.

O atomismo, é importante que se observe, era uma das ideias que circulavam entre os filósofos pré-socráticos para explicar a natureza da matéria. Outra proposta, feita por Empédocles (cerca de 495 a.C.-435 a.C.), era a de que tudo era originado de quatro elementos – terra, água, ar e fogo. Platão (427 a.C.-348 a.C.) e Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) adotaram a ideia de quatro elementos, mas a incorporaram a outras concepções sobre a constituição da matéria. Para Aristóteles, por exemplo, a base material de tudo seria um substrato, isento de qualidades e impossível de ser isolado, ao qual se combinariam as chamadas qualidades primárias: quente, frio, úmido e seco. A combinação duas a duas dessas qualidades primárias produziria os quatro elementos: seco + quente = fogo; úmido + quente = ar; úmido + frio = água; seco + frio = terra. A teoria dos quatro elementos para a constituição da matéria continuou a ser utilizada e elaborada de muitas outras formas, por autores árabes e ocidentais, ao longo da Idade Média, exercendo influência sobre o pensamento químico até o século XVIII.



Proposta inicialmente por Empédocles e ampliada posteriormente por Aristóteles, a teoria dos quatro elementos – representada comicamente na charge acima – foi uma das mais influentes teorias acerca da natureza da matéria, tendo assumido diferentes formas e interpretações até o século XVIII.

Essa proposta foi bem-aceita, principalmente, porque dava suporte teórico para a incessante busca dos **alquimistas** por receitas e/ou procedimentos que permitissem a transmutação de materiais em ouro. Embora não se tenha notícia que os alquimistas tenham alcançado esse objetivo, os experimentos alquímicos renderam apreciáveis benefícios à humanidade; graças a eles, foram inventados diversos aparelhos de laboratório e várias substâncias químicas foram preparadas.

Fonte: Ciscato *et al.* (2016, p. 83).

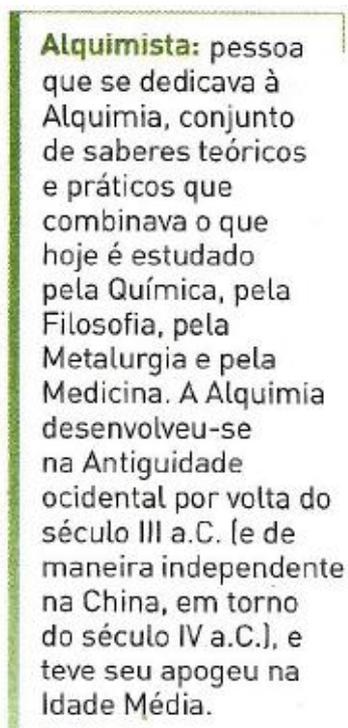
Os autores exploram a teoria dos quatro elementos, no entanto, o recorte destinado à História da Ciência poderia instigar o aprofundamento, ou pelo menos outros aspectos que embasam a discussão sobre a teoria dos quatro elementos. Essa teoria não foi a única capaz de explicar o processo de transmutação dos metais, ao longo do desenvolvimento da Alquimia, os alquimistas de outras regiões adotaram outras explicações teóricas sobre o processo de transmutação dos metais.

Ainda na Figura 4, no excerto “*os experimentos alquímicos renderam apreciáveis benefícios a humanidade, graças a eles, foram inventados diversos aparelhos de laboratório e várias substâncias químicas foram preparadas*” (CISCATO *et al.*, 2016, p. 83), novamente

os autores do LD1 fazem uma abordagem anacrônica, ou seja, “seleciona do passado apenas ideias, teorias e práticas que parecem ter permanecidos”, pois os autores trazem do passado apenas os benefícios que a prática alquímica trouxe para a ciência moderna.

Ainda no capítulo 3 é apresentado um *box* com uma definição de Alquimista e o período em que está se desenvolveu, como apresentado na Figura 5. Nesse *box* também há indícios da historiografia tradicional, notamos a presença do critério 1 “Narra uma História da Ciência linear e progressista”. Nele o conhecimento científico é apresentado aos alunos de forma lógica e cronológica, com a omissão de debates e questões “extra científicas” que estiveram ligadas diretamente ou indiretamente no momento de sua formulação (SAITO, 2010). Na historiografia atual, a ciência não avança linearmente (PANTALEO-JÚNIOR; SAITO, 2017). Contudo, como se trata de um *box*, os usuários do livro podem ampliar os estudos, na perspectiva de Beltran *et al.* (2014) ao afirmarem que novos estudos em História da Ciência tem como finalidade mapear e contextualizar os conhecimentos do passado, considerando as continuidades e descontinuidades.

Figura 5 - *Box* com informação referente à Alquimia.



Alquimista: pessoa que se dedicava à Alquimia, conjunto de saberes teóricos e práticos que combinava o que hoje é estudado pela Química, pela Filosofia, pela Metalurgia e pela Medicina. A Alquimia desenvolveu-se na Antiguidade ocidental por volta do século III a.C. (e de maneira independente na China, em torno do século IV a.C.), e teve seu apogeu na Idade Média.

Fonte: Ciscato *et al.* (2016, p. 83).

Segundo Beltran e Trindade (2017), na maioria das vezes, os materiais didáticos têm apresentado alguns fragmentos da História da Ciência, mas ainda com concepção tradicional, privilegiando os resultados em detrimento do processo de construção do conhecimento.

No LD1 a Alquimia é abordada no capítulo 1 e 3, e tal abordagem é discutida em poucos momentos de ambos os capítulos. A abordagem histórica da Alquimia é apresentada com aspectos da antiga historiografia, selecionando do passado apenas ideias que se fizeram presente na ciência do presente. Além disso, faz uma distinção entre ciência e pseudociência, apresenta uma História da Alquimia linear e progressista, aspectos que contribui para uma visão de ciência descontextualizada.

De modo geral, embora representada em poucos momentos do livro e, numa perspectiva tradicional, as reflexões provenientes dessa análise podem instigar seu uso em outras perspectivas e contextos.

5.2 Análise do livro de Fonseca - Química: ensino médio

O LD2 estrutura-se em cinco unidades, divididas em 11 capítulos, com 288 páginas. O volume 1 aborda conteúdos referentes a Química Geral e Inorgânica. O Quadro 8 mostra como é a estrutura dos capítulos deste livro didático.

Quadro 8 - Unidades e seus respectivos capítulos, presentes no livro didático LD2.

Química: ensino médio	
Unidades	Capítulos
Unidade 1: Mudanças Climáticas	Capítulo 1. Estudo da Química e as grandezas físicas; Capítulo 2. Propriedades da matéria; Capítulo 3. Substâncias e misturas.
Unidade 2: Oxigênio e Ozônio	Capítulo 4. Transformações da matéria; Capítulo 5. Notações químicas.
Unidade 3: Poluição Eletromagnética	Capítulo 6. Eletricidade e radioatividade; Capítulo 7. Modelo básico do átomo e a lei periódica.
Unidade 4: Poluição de Interiores	Capítulo 8. Ligações covalentes e forças intermoleculares; Capítulo 9. Compostos orgânicos.
Unidade 5: Chuva Ácida	Capítulo 10. Ligação iônica e compostos inorgânicos; Capítulo 11. Metais e oxirredução.

Fonte: Autoria própria.

Em tal livro analisado houve uma preocupação em abordar os conteúdos baseados em temas ambientais e/ou sociais que são os assuntos-chave para o estudo dos conceitos químicos expostos. A autora do presente livro deixa bem claro que:

[...] é importante ressaltar ao professor que o livro didático é um instrumento de auxílio para que se possam trabalhar os conteúdos. O professor tem autonomia para utilizar o material da forma que lhe for mais conveniente para facilitar o aprendizado dos seus alunos (FONSECA, 2016, p. 291).

O livro em questão apresenta ferramentas como: textos jornalísticos, científicos, interdisciplinares, atividades contextualizadas, experimentos, e curiosidades, podendo assim contribuir para a formação do aluno crítico, criativo e dinâmico (FONSECA, 2016).

No livro didático analisado LD2, a Alquimia é abordada no capítulo quatro “Transformações da matéria”. Como podemos observar no trecho abaixo, a autora aborda a Alquimia como uma atividade que se manteve entre os anos 300 a.C. e 1500 d.C.

Para Aristóteles, todos os diferentes tipos de matéria, formados pelas combinações dos elementos terra, água, ar e fogo, poderiam ser convertidos uns nos outros, bastando para isso variar as quantidades relativas das quatro qualidades (quente, frio, seco e úmido) que entrariam em sua composição.

Essa ideia de que a matéria seria formada de uma única essência forneceu uma base sólida para uma atividade que começou a se desenvolver nessa época: a Alquimia (que se manteve entre os anos 300 a.C. e 1500 d.C.).

Os alquimistas buscavam, entre outros objetivos, a transmutação dos metais, como a transformação do chumbo em ouro. Se toda a matéria tivesse a mesma essência, bastaria trocar as qualidades (quente, frio, seco e úmido) para transformar um metal em outro.

Somente por volta do século XVIII, época que atualmente é considerada o nascimento da Química moderna, as ideias que sustentavam a Alquimia foram abandonadas de vez (FONSECA, 2016, p. 75).

Nesse fragmento, alguns problemas historiográficos podem ser notados, o que nos remete ao critério 6 “Parte da distinção entre ciência e pseudociência”. A autora faz uma distinção entre ciência e pseudociência ao considerar a Alquimia como uma atividade. Na historiografia atual, o passado deve ser estudado como realmente ele foi, e não olhar para o passado com os olhos de hoje (ALFONSO-GOLDFARB, 1994; BELTRAN *et al.*, 2014).

Ao trazer a Alquimia como uma “Atividade”, pode nos remeter ao entendimento que a ciência antiga, ou seja, a Alquimia era inferior, imprecisa e menos verdadeira em relação à moderna. É importante ressaltar que a Ciência Moderna não é um aprimoramento de uma ciência antiga, isto porque, ambas se colocam diferentes questões, e também diferentes preocupações em relação à natureza (BELTRAN *et al.*, 2014). Ainda os autores ressaltam que a ciência antiga valorizava mais a observação do que a experiência. Por outro lado, a ciência moderna passou a valorizar o experimento e tornou-se mais operativa, assim, sabemos que

ambas, ou seja, ciência antiga e moderna, se diferem em relação ao método, à concepção de natureza e ao próprio fazer científico.

Ainda no capítulo quatro, encontramos outros aspectos historiográficos tradicionais, relacionados a Alquimia como podemos observar no trecho a seguir:

A hipótese de matéria contínua tinha um caráter místico que se sustentava na teoria do vitalismo e agradava aos grupos que estavam no poder. Assim, Aristóteles a utilizou como ponto de partida para uma série de deduções sobre as quais a Alquimia se desenvolveu (FONSECA, 2016, p. 78).

Destaca-se, nesse recorte, o critério 5: “Busca os precursores e os pais das ideias científicas da ciência moderna”, quando a autora do livro menciona que a teoria do vitalismo agradava aos grupos que estavam no poder. Isso permite o entendimento de que a ciência é feita pelos grandes, desconsiderando os debates ocorridos de diferentes ideias e também as influências sociais e econômicas que norteiam a ciência (BELTRAN *et al.*, 2014).

Quando a História da Ciência é usada dessa forma, também leva ao entendimento de que a história usada é para legitimar “o poder e a heroificação de certos grupos, indivíduos ou instituições políticas ou religiosas” (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 37). Isso acaba omitindo ideias que foram propostas anterior a estas, e até mesmo contribuições de contemporâneos de um mesmo grupo.

Concordamos com Martins e Porto (2018) ao dizerem que uma abordagem incluindo a História da Ciência possibilita aos alunos e professores verificar que os cientistas passaram por dificuldades, erraram e acertaram até chegar aos conteúdos, conceitos e teorias que são apresentados como prontos.

Nesse contexto, o estudante poderá construir uma visão de ciência mais humanizada, “pois a ciência passa a ser apresentada como uma construção humana e que sofreu influências políticas, éticas, econômicas e sociais” (MARTINS; PORTO, 2018, p. 988).

Sabemos que incluir episódios da História da Ciência em aulas de ciências por vezes mascara a ideia de que, por meio da história, as dificuldades de aprendizagem em ciências serão solucionadas. Ressaltamos que a História da Ciência é uma das possibilidades para a aprendizagem em ciências, diferente de um método de ensino, “mas uma provedora de recursos que conduz à reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico” (SAITO, 2010, p. 4).

No LD2 a Alquimia é abordada apenas no capítulo 4, sendo discutida em poucos momentos no decorrer do capítulo. Tal abordagem é apresentada com marcas da historiografia

tradicional, dando a entender que faz parte da ciência os grandes nomes ou um personagem principal. O livro apresenta ainda uma distinção entre ciência e pseudociência ao trazer a Alquimia como uma pré ou proto ciência, no entanto, ao abordar a Alquimia, fragmenta os fatos e conceitos, de forma descontextualizada, dando pouca ênfase aos aspectos históricos de tal prática.

5.3 Análise do livro de Lisboa *et al.* - Ser protagonista: química ensino médio

O terceiro livro didático analisado LD3, está estruturado em quatro unidades, dividido em catorze capítulos. O volume 1 apresenta-se com 288 páginas, referente aos conteúdos de Química Geral e Inorgânica. O Quadro 9 mostra detalhadamente as unidades e seus respectivos capítulos.

Quadro 9 - Unidades e seus respectivos capítulos, presentes no livro didático LD3.

Ser protagonista	
Unidades	Capítulos
Unidade 1: Química e estudo dos materiais	Capítulo 1: Química: objeto de estudo e aplicações. Capítulo 2: Unidades de medida e propriedades da matéria. Capítulo 3: Sistemas, substâncias puras e misturas. Capítulo 4: Propriedades e transformações da matéria.
Unidade 2: Do macro ao micro	Capítulo 5: Modelos atômicos e características dos átomos. Capítulo 6: Classificação dos elementos e Tabela Periódica. Capítulo 7: Ligações químicas e geometria molecular. Capítulo 8: Estrutura molecular e propriedades dos materiais: forças intermoleculares
Unidade 3: Comportamento das substâncias	Capítulo 9: O comportamento dos gases. Capítulo 10: Reações químicas. Capítulo 11: Funções da Química inorgânica.
Unidade 4: Contando átomos e moléculas	Capítulo 12: Relações entre massas de átomos e moléculas. Capítulo 13: Mol: quantidade de matéria. Capítulo 14: Relações estequiométricas nas transformações químicas

Fonte: Autoria própria.

Os autores relatam no início do livro, que o texto principal é complementado por boxes, com a finalidade de ampliar e contextualizar o conteúdo. E também que a abordagem histórica dos conteúdos está presente em diversos momentos e não como tópico isolado (Lisboa *et al.*, 2016).

Os autores abordam a Alquimia no capítulo 1 do livro “Química: objeto de estudo e aplicações” na forma de *box*, como podemos observar na Figura 6. Embora os autores

destaquem algumas contribuições de procedimentos desenvolvidos na Alquimia, e que são usados nos dias atuais, pode-se notar características da historiografia tradicional, como no seguinte excerto: “os alquimistas foram responsáveis pelo desenvolvimento de inúmeras técnicas de laboratório, entre elas a calcinação, a destilação, a cristalização e o aquecimento em banho de areia e em banho maria, muitas delas utilizadas nos laboratórios atuais” (Lisboa *et al.*, 2016, p. 14).

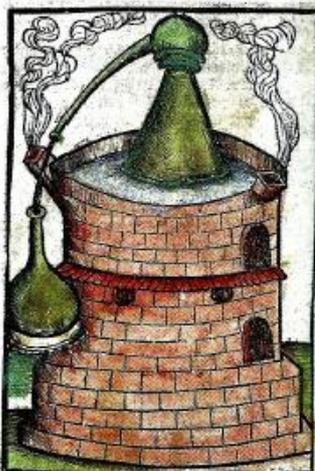
Figura 6 - Box referente a Alquimia relatando suas contribuições.

**QUÍMICA
TEM HISTÓRIA**

Contribuições da alquimia* para a Química moderna

Os alquimistas foram responsáveis pelo desenvolvimento de inúmeras técnicas de laboratório, entre elas a calcinação, a destilação, a cristalização e o aquecimento em banho de areia e em banho-maria, muitas delas utilizadas nos laboratórios atuais.

Eles obtiveram também alguns materiais, como o ácido sulfúrico e o ácido nítrico, e investigaram algumas de suas propriedades, como a capacidade de dissolver metais.



Os alquimistas desenvolveram uma técnica de destilação muito semelhante à atual.

* A alquimia caracterizava-se por um conjunto de práticas e técnicas realizado na Idade Média por pessoas que buscavam, por exemplo, meios para obter a transmutação de metais em ouro, que era considerado um símbolo da perfeição.

Fonte: Lisboa *et al.* (2016, p. 14)

Nesse excerto, notamos a presença do critério 3 “Seleciona do passado apenas ideias, teorias e práticas que parecem ter permanecidos”, em que os autores selecionam do passado apenas as contribuições que a Alquimia trouxe para a ciência moderna, ou seja, destacam o momento de êxito e esplendor da Alquimia. Dessa forma, muitos fatores são ignorados, como “o papel dos erros e das controvérsias, a contribuição do debate entre diferentes teorias, os diversos pensadores que trabalharam no assunto, a influência de fatores sociais, políticos, econômicos, ou quaisquer outros que possam ter contribuído para o desenvolvimento da ciência” (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 39).

O *box* apresentado na Figura 6, mostra-se favorável para se explorar mais a respeito da Alquimia, seu desenvolvimento em contextos variados e em diversos lugares no mundo. Por exemplo, o processo de destilação foi desenvolvido pelos alquimistas alexandrinos. Acredita-se que a invenção dessa técnica e os aparatos destilatórios, no caso o “banho maria” é atribuída a Maria Judia (BELTRAN, 1996).

De acordo com Beltran (1996), a destilação era muito usada pelos alquimistas alexandrinos para obtenção das “águas sulfuradas”, tendo grande destaque a chamada “Água Divina”, uma solução de polissulfetos usada para imprimir as propriedades do ouro. As técnicas utilizadas pelos alexandrinos, também foram incorporadas pelos alquimistas árabes, a destilação era usada para preparação de perfumes na extração de aromas de rosas, violetas, jasmim e de outros materiais. Atualmente, a técnica de destilação é empregada na indústria, que consiste num “processo baseado nas diferenças entre os pontos de ebulição das substâncias” (BELTRAN, 1996, p. 24), muito usada no fracionamento do petróleo, na obtenção de álcoois e na extração de essências.

Inserir tópicos de História da Ciência no ensino não consiste em ensinar a ciência do passado, mas que o professor através da utilização de fonte adequadas, possa “ajudar os alunos a terem uma visão crítica em relação à ciência e à construção do conhecimento científico” (BELTRAN; RODRIGUES; ORTIZ, 2011, p. 49). Na maioria das vezes, a História da Ciência abordada no livro didático é de forma separada do conteúdo, com pequenas biografias daqueles considerados como os “grandes gênios da ciência”, ou até mesmo concebida como uma coleção de curiosidade científicas (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010).

Ainda nesse *box* há um trecho relatando que “a Alquimia caracterizava-se por um conjunto de práticas e técnicas realizadas na Idade Média”, uma informação menos

relevante, pois a Alquimia se estendeu até meados da Idade Média. Considerando as fontes consultadas, encontramos relatos de autores que a Alquimia se originou em Alexandria entre os séculos III a.C. e I a.C., diferentemente do apresentado no livro analisado (BENSAUDEVINCENT; STENGERS, 1992; VANIN, 1994; VANIN, 2005; ALFONSO-GOLDFARB, 2001; STRATHERN, 2002; LIMA; SILVA, 2003; MAAR, 2008; FARIAS, 2010; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

No capítulo 11, “Funções da Química inorgânica” do livro LD3, em um *box* dedicado a História da Ciência, como apresentado na Figura 7:

Figura 7 - Conteúdo referente a Alquimia presente no LD3.

**QUÍMICA
TEM HISTÓRIA**

A alquimia e a Química



Gravura retratando Lavoisier (1743-1794), século XIX.

A palavra "química" é derivada da latina *chimica*, a qual se origina de *alchimia*, degeneração do vocábulo árabe *al-kimiyá*, ou seja, grande arte dos filósofos herméticos da Idade Média. [...]

A química moderna se inicia no século XVIII com os trabalhos de Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) [...].

Lavoisier esteve envolvido com a descoberta do elemento oxigênio, estabeleceu uma nomenclatura química, estudou as propriedades dos ácidos, desenvolveu técnicas calorimétricas, investigou a respiração animal e humana, as fermentações, fez a análise quantitativa da água e seus estudos mais destacados colocaram por terra a teoria do flogístico.

[...] O entendimento da intervenção do oxigênio nas reações constituiu-se na essência da teoria antiflogística, [...] abrindo de vez as portas para a ciência moderna.

Aquino, A. R. de. Disponível em: <<http://www3.eca.usp.br/njr/voxsclntiae/reportagemafonso3.html>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

Os autores do livro didático LD3 novamente mencionam a Alquimia como uma grande arte dos filósofos da Idade Média, notamos aqui a falta de elementos históricos, visto que a Alquimia não tenha se manifestado apenas na Idade Média. De acordo com Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016), a Alquimia, considerada artes práticas por alguns, desenvolveu-se em contextos variados e em diversos lugares no mundo. Assim, há Alquimia Alexandrina, Alquimia Chinesa, Alquimia Islâmica e Alquimia Europeia.

Para Beltran, Saito e Trindade (2010) quando o livro didático faz alguma abordagem referente à Alquimia, é comum encontrar apenas algumas práticas que chegaram até os nossos dias, deixando de lado as suas explicações simbólicas. De alguma forma, no LD3, essas referências à Alquimia, nos remete à perspectiva historiográfica tradicional, “e está ligada à visão de progresso que predominava no século XIX” (BELTRAN *et al.*, 2010, p. 124).

Ao nos debruçarmos a perspectiva historiográfica atual entendemos que a ciência não se desenvolveu, necessariamente, de forma homogênea e acumulativa. É desejável admitirmos que fatores externos interferiram nesse processo, afastando aos poucos a produção em História da Ciência, baseada nas ideias positivistas (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004). Nos estudos atuais em História da Ciência, considerando as novas tendências historiográficas, devemos reconsiderar as ideias antigas que foram construídas e transmitidas sob à luz da historiografia tradicional (BELTRAN; TONETTO, 2010).

5.4 Análise do livro de Mortimer e Machado - Química – ensino médio

O LD4 é composto de nove capítulos, com 288 páginas. O volume 1 aborda conteúdos referentes às propriedades das substâncias e dos materiais, modelos atômicos e ligações químicas. No Quadro 10 são apresentados os conteúdos presentes no livro didático.

Quadro 10 - Conteúdos curriculares presentes no LD4.

Química – ensino médio
Capítulos
Capítulo 1 – O que é química?; Capítulo 2 – Introdução ao estudo das propriedades específicas dos materiais; Capítulo 3 – Materiais: Estudo de processos de separação e purificação; Capítulo 4 – Aprendendo sobre o lixo urbano; Capítulo 5 – Um modelo para os estados físicos dos materiais; Capítulo 6 – Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica; Capítulo 7 – Introdução às transformações químicas; Capítulo 8 – Quantidades nas transformações químicas. Capítulo 9 – Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais.

Fonte: Autoria própria.

Neste volume não há abordagem explícita de conteúdos referentes à Alquimia. Nas palavras dos autores temos:

[...] em nosso livro, procuramos mostrar a ciência como uma construção humana, sujeita à influência de fatores sociais, econômicos e culturais de seu tempo. Para isso, sempre que possível, abordamos fatos históricos que contribuíram para as mudanças de paradigmas aceitos em determinada época, trazendo o próprio discurso dos cientistas para ilustrar essas mudanças, quando isso é apropriado (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 296).

Ao aprender química, também se aprende sobre a natureza da ciência, seus processos de investigação e seus métodos. Dessa forma, torna-se necessário que o professor em sala de aula chame a atenção para aspectos, destacando, assim, as formas como o conhecimento científico, nesse caso o de química, é produzido, as estratégias de verificação de hipóteses, as incertezas associadas às medidas, a forma como são determinadas as propriedades específicas de substâncias e materiais (MORTIMER; MACHADO, 2016).

No capítulo 6 “Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica”, na página 136, os autores abordam como a matéria era constituída segundo a concepção de alguns pensadores. No ANEXO 01, por exemplo, temos um excerto sobre a concepção de Aristóteles de que “[...] a matéria seria continua. Assim, Aristóteles não supunha a existência de átomos e espaços vazios entre eles” (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 136). Penso que aqui, os autores poderiam ter explorado como a matéria era constituída segundo a visão aristotélica, seria o momento em que a teoria dos quatro elementos poderia ser estudada. E a partir disso fazer uma relação que tal teoria foi adotada pelos alquimistas e que a mesma, no decorrer do tempo foi sofrendo modificações. Em vez disso, os autores do LD4 se reportam ao mecanicismo como uma corrente de pensamento que teria alcançado importante sucesso na física, concebia que “o mundo funcionava como uma grande máquina, precisa e exata” (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 136).

Nesse excerto notamos a presença de alguns aspectos historiográficos, ou seja, “tem como modelo as ciências físicas (mecânicas) e matemáticas”, na qual as chamadas ciências exatas, acabam sendo o modelo para mensurar a ciência do passado (ALFONSO-GOLDFARB; BELTRAN, 2004).

E ainda nesse mesmo capítulo, na página 151, os autores abordam a teoria dos quatro elementos, destacando que a mesma sofreu modificações com o tempo, como é apresentado

no ANEXO 02. Nessa perspectiva a Alquimia poderia ter sido explorada. Pois, os autores mencionam a teoria aristotélica, mas não fazem nenhuma relação entre tal teoria e a Alquimia.

Após mencionar, brevemente, a teoria dos quatro elementos, os autores do LD4, mencionam que “*a ideia de elemento foi sendo alterada com o tempo. Lavoisier, por exemplo, definia substância elementar como aquela que não podia ser decomposta por meio dos processos químicos conhecidos na época*” (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 136). Aqui os autores omitem debates e questões “extra científicas” que estiveram ligadas na formulação do conhecimento científico. Poderiam, por exemplo, ter mencionado que para Robert Boyle a matéria seria constituída por partículas, rejeitando os elementos aristotélicos e os três princípios alquímicos de Paracelsus (MARTIN, 2016).

Os episódios dedicados à História da Ciência, presentes nos livros didáticos, irão influenciar as visões de ciência que serão construídas pelos educandos em seu processo de ensino aprendizagem (VIDAL, 2009). Por isso é necessário que os professores interessados em trabalhar os conteúdos de química numa perspectiva histórica, possam ter um olhar mais crítico para os materiais de trabalho, inclusive para o próprio livro didático (BATISTA; MOHR; FERRARI, 2007).

No LD4 a Alquimia não é contemplada, mais especificamente, em nenhum capítulo do livro, no entanto, em alguns momentos, os autores abordam a teoria dos quatro elementos, sem, contudo, estabelecer relação e/ou aproximações explícitas com a Alquimia. Os autores poderiam ter inserido conteúdos, no que tange aos aspectos historiográficos, principalmente quando abordam o mecanicismo como uma grande máquina precisa e exata, destacando a provisoriedade da ciência em relação às suas mudanças e transformações.

5.5 Análise do livro de Novais e Antunes - Vivá: química - ensino médio

Quatro unidades divididas em doze capítulos, compõem o volume do LD5, com 288 páginas. No Quadro 11 é apresentado os conteúdos curriculares presente no livro didático.

Quadro 11 - Conteúdos curriculares presente no LD5.

Vivá química	
Unidades	Capítulos
Unidade 1: Introdução ao estudo da Química	Capítulo 1: Química - que ciência é essa?; Capítulo 2: Leis das reações químicas e teoria atômica de Dalton; Capítulo 3: Substâncias e misturas.
Unidade 2: Introdução à estrutura da matéria	Capítulo 4: Estrutura atômica: conceitos fundamentais; Capítulo 5: Classificação periódica dos elementos químicos;

	Capítulo 6: Ligações químicas: uma primeira abordagem.
Unidade 3: Eletrólitos e reações químicas: fundamentos qualitativos e quantitativos	Capítulo 7: Ácidos, bases e sais; Capítulo 8: Reações químicas: estudo qualitativo; Capítulo 9: Cálculos químicos: uma iniciação; Capítulo 10: Reações de oxirredução; Capítulo 11: Óxidos.
Unidade 4: Estado Gasoso	Capítulo 12: Gases: importância e propriedades gerais.

Fonte: Autoria própria.

A Alquimia aparece em alguns excertos do capítulo 1 “Química - que ciência é essa?”, mesmo de forma breve, os autores trazem algumas informações da Alquimia como é apresentado no trecho abaixo:

Voltando à questão proposta no subtítulo, é difícil dizer com precisão quando se inicia a Química, até pelo fato de as primeiras práticas de natureza científica terem coexistido com outras, cujo caráter era bem diferente: as realizadas pelos alquimistas. Estas últimas foram praticadas por vários povos – egípcios, gregos, chineses, árabes, etc. – desde o século IV a.C. começaram a perder importância durante o século XVIII, quando procedimentos de caráter científico ganharam espaço no estudo da matéria e de suas transformações.

Os alquimistas realizavam um conjunto de práticas que tinha, entre suas principais motivações, a busca por uma maneira de transformar metais comuns em ouro e de obter um material que pudesse prolongar a vida; foi graças ao trabalho deles que muitos materiais foram obtidos. Pode-se dizer que foi da Alquimia que a Química, da maneira como é entendida hoje, se originou (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 19).

Se os autores do LD5 tivessem apenas relatado que “foi graças ao trabalho deles que muitos materiais foram obtidos”, teríamos marcas da historiografia tradicional, ou seja, a presença do critério 3, no qual seleciona do passado apenas episódios em que a ciência tenha sido vencedora. Mas além de mencionar as contribuições da Alquimia, mesmo que de forma breve, os autores do LD5 mencionam que tal prática foi realizada por vários povos e também relatam qual o objetivo dos alquimistas “a busca por uma maneira de transformar metais comuns em ouro e de obter um material que pudesse prolongar a vida”.

Como já mencionado em momentos anteriores, é comum os autores dos livros didáticos apresentarem Lavoisier, como o pai da Química e ter inaugurado a Química Moderna (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010). Nesse livro didático (LD5), chama-nos a atenção, o seguinte excerto:

No entanto, considera-se que dois estudiosos marcaram a Química em seu início. O primeiro dele foi o estudioso irlandês Robert Boyle (1627-1691). Autor do livro O químico cético (The Sceptical Chymist), desenvolveu suas pesquisas na Inglaterra.

[...] o segundo foi o Francês Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), que deixou inúmeras contribuições para o desenvolvimento da Química [...] (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 19).

Com esse excerto é possível notar características da nova historiografia. Não é dada ênfase aos precursores e os pais da Ciência Moderna. Os autores relatam que tanto Boyle como Lavoisier marcaram o início da Química como teoria científica, ou seja, ambos trouxeram contribuições para que, no futuro, a química fosse consolidada como uma Ciência Moderna. A nova historiografia da ciência não busca precursores e pais das ideias científicas, ou seja, não busca eleger um personagem principal para uma determinada descoberta científica (BELTRAN; TRINDADE, 2017). Considerando essa perspectiva, a Ciência Moderna nasceu de um esforço colaborativo, isto inclui professores universitários, médicos, juristas, teólogos, artesãos, matemáticos, pintores, escultores, arquitetos entre muitos outros que discutiram e debateram sobre o conhecimento da natureza (BELTRAN *et al.*, 2014).

No LD5, o capítulo dois “Leis das reações químicas e teoria atômica de Dalton”, é introduzido com uma imagem alquímica, de alguns estudiosos manipulando alguns materiais, como apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Imagem dos alquimistas manipulando alguns utensílios.

capítulo

2

Leis das reações químicas e teoria atômica de Dalton



Durante o século XVII, no período em que a Química era gestada, alguns estudiosos se valeram de contribuições dos alquimistas e tinham uma forma bastante peculiar de explicar os fenômenos da natureza. Com o avanço da ciência e da tecnologia, os conceitos, as teorias e os recursos trouxeram novas questões e desafios aos pesquisadores. Na foto, a obra *O alquimista*, de David Teniers, 1649.

Para situá-lo

No capítulo anterior, você começou a formular o conceito de transformação química, um dos temas centrais no estudo da Química. Vamos agora refletir sobre observações que podem ser feitas em nosso dia a dia a propósito de algumas dessas transformações. Veja:

Fonte: Novais; Antunes (2016, p. 32).

Ainda no capítulo 2 da página 35, esses autores dedicam um tópico aos alquimistas (Figura 9). Embora a Alquimia relatada do livro didático esteja com algumas datas que conflitam com outros autores, como mostra o seguinte excerto: “A *Alquimia adquire importância no Egito, cerca de 300 d. C.; devido à busca pela compreensão dos mistérios que envolvem a essência da matéria*” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 35). Desde o século III a. C., os alquimistas alexandrinos já se dedicavam a interpretar e compreender os segredos envolvidos por trás da matéria, desde sua constituição e transformação (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; ALFONSO-GOLDFARB, 2001; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Na Figura 9, é apresentado na íntegra o tópico dedicado a Alquimia, também os autores mencionam que a prática da Alquimia se espalhou pelo mundo afora e “*as práticas alquímicas se espalharam pela Europa, China e pelo mundo árabe, desde o início da Era Cristã até o século XVII*” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 35), diferentemente do autores do

LD1 e LD3, em alguns momentos mencionaram que a prática alquímica se perpetuou na idade média e no renascimento.

Figura 9 - Tópico dedicado a Alquimia.

Os alquimistas

No capítulo anterior, já nos referimos a técnicas que foram desenvolvidas por nossos antepassados e que lhes permitiram obter muitos materiais, entre os quais demos destaque aos trabalhos ligados à metalurgia, sem, no entanto, precisar quando essas práticas deixaram de ser consideradas alquímicas.

Mas o que vem a ser alquimia? Quando ela surgiu? Provavelmente você deve ter alguma ideia sobre o significado da palavra **alquimia**. Frequentemente ela é associada a algo místico, misterioso, o que não deixa de ser, em parte, verdadeiro.

É difícil precisar quando e onde a alquimia teve início. Mesmo quanto à origem dessa palavra, são encontradas várias versões. Uma das hipóteses liga a alquimia à metalurgia, o que daria a ela um caráter prático, embora a ligação com o sagrado e o místico se mantenha (por exemplo, os alquimistas usavam fórmulas e recitações mágicas para fazer invocações nos procedimentos de laboratório). A alquimia adquire importância no Egito, cerca de 300 d.C., devido à busca pela compreensão dos mistérios que envolvem a essência da matéria.

As práticas alquímicas se espalharam pela Europa, China e pelo mundo árabe desde o início da Era Cristã até o século XVII. Entre as motivações do trabalho dos alquimistas estavam a busca da pedra filosofal – que seria capaz de realizar a transmutação, isto é, a transformação de qualquer material em ouro – e do elixir da vida – material que teria a propriedade de garantir juventude e vida eterna.

Os alquimistas legaram à Química, por exemplo, receitas para a obtenção da pólvora, de alguns ácidos, bases e sais e do álcool (por meio da destilação do vinho). Supõe-se ainda que arsênio, antimônio, bismuto, fósforo e zinco tenham sido isolados pelos alquimistas. Também as técnicas de destilação e cristalização (que estudaremos mais adiante), além de equipamentos que utilizavam em seu trabalho, foram importantes contribuições para a Ciência moderna.

Durante o século XVII, no período em que a Química era gestada, alguns estudiosos se valeram de contribuições dos alquimistas – como técnicas e instrumentos de laboratório – e procuraram estabelecer generalizações com base em fatos experimentais. O irlandês Robert Boyle, por exemplo, foi responsável por sistematizar o conhecimento sobre muitos compostos e materiais formados por eles. A partir de experimentos realizados com gases, Boyle retomou algumas ideias dos filósofos gregos e formulou uma lei, que posteriormente ficou conhecida como lei de Boyle e que você conhecerá mais para a frente neste volume. Apesar de os estudos de Boyle terem pressuposto a existência de átomos, passou-se mais de um século para que essa ideia voltasse com John Dalton (1766-1844) de modo mais consistente.

Em seu livro *O químico cético*, Boyle tentou diferenciar os trabalhos desenvolvidos por **alquimistas** e **químicos**. Concluiu que o componente mais simples da Terra era um **elemento** e que dele não se poderia obter nada mais simples. Conhecendo o trabalho de um alquimista que obtivera o fósforo branco da urina, fez o experimento, porém usando o fósforo branco para produzir chama, criando a primeira versão do palito de fósforo.

Foi no final do século XVIII que a Química passou a ter uma fundamentação teórica consistente. Dentre os estudos que contribuíram para isso, podemos destacar os de Antoine-Laurent de Lavoisier. Já no início do século XIX, com a formulação da teoria atômica de Dalton (que veremos no final deste capítulo), a ideia da matéria constituída por corpúsculos indivisíveis, chamados átomos, atinge novo patamar, ao se associar aos trabalhos experimentais quantitativos – aqueles nos quais são realizadas medidas.

Robert Boyle foi um dos primeiros cientistas a criar teorias científicas com base experimental.



ROBERT BOYLE/ALCANTARE LIBRARY, LONDRES, REINO UNIDO

Elemento: nos textos que fazem referência aos conhecimentos que antecedem o século XIX, a palavra **elemento** tem significado diferente do que é atualmente atribuído a elemento químico, conceito que será analisado mais adiante.

Fonte: Novais; Antunes (2016, p. 35).

Ainda na Figura 9, os autores abordam um dos principais objetivos dos alquimistas, ou seja, a prática da transmutação dos metais. Nesse contexto, poderiam ter mencionado quais teorias os alquimistas usavam para explicar como a transmutação ocorreria, de fato. Por exemplo, segundo os alquimistas alexandrinos, o processo de transmutação ocorreria seguindo quatro etapas: melanose; leucose; xantose e iose, já para os alquimistas árabes, a transmutação do metal era possível por meio de proporções de enxofre e mercúrio, conhecida como *teoria enxofre-mercúrio* (PARDO, 2002). Paracelsus, para explicar a constituição da matéria, propôs a “tria prima”, ou seja, a teoria dos três princípios, além do mercúrio e enxofre ele adicionou um terceiro princípio, o sal, a “tria prima” também explicaria a constituição de todas as substâncias (PORTO, 1997; ROBLES; BRIBIESCA, 2005; FARIAS, 2006).

Os autores do LD5 também trazem contribuições voltadas para a prática da Alquimia no campo da Química, dentre elas: “[...] *receitas para a obtenção da pólvora, de alguns ácidos, bases e sais e do álcool (por meio da destilação do vinho)*” e também “*as técnicas de destilação e cristalização, foram importantes contribuições para à Ciência moderna*” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 35). Verificamos que o tópico dedicado à alquimia não apresenta aspectos da antiga historiografia. Porém, a abordagem poderia ser aprofundada, de maneira a possibilitar ao estudante uma visão mais ampla da prática alquímica, evitando que a mesma seja abordada como uma coleção de erros e superstições, relatando apenas algumas práticas e deixando de lado as explicações simbólicas (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2010).

Vela ressaltar que os autores do LD5 evitam contemplar aspectos da historiografia tradicional, por exemplo, o critério 5 “Busca os precursores e os pais das ideias científicas da ciência” presentes no Quadro 6, como é comum os livros didáticos de química abordarem ao destacar um personagem principal. No LD5 é mencionado três estudiosos que trouxeram contribuições para a Química, como é apresentado no excerto abaixo:

“O irlandês Robert Boyle, por exemplo, foi responsável por sistematizar o conhecimento sobre muitos compostos e materiais formados por eles (alquimistas). [...] Foi no final do século XVIII que a Química passou a ter uma fundamentação teórica consistente. Dentre os estudos que contribuíram para isso, podemos destacar os de Antoine-Laurent de Lavoisier. Já no início do século XIX, com a formulação da teoria atômica de Dalton, a ideia de matéria constituída por corpúsculos indivisíveis, chamados átomos, atinge no patamar [...] (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 35).

Em nenhum momento, os autores do LD5, nesse excerto, trouxeram um representante principal para a Química Moderna, mas consideraram que ambos, com seus estudos, contribuíram para a Química Moderna.

Os próprios autores (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 305) afirmam que a presença da História da Ciência num livro didático, contribui para que os estudantes percebam o dinamismo da ciência, e entendam que conceitos e modelos possuem certa provisoriedade.

No LD5, os autores dedicam a Alquimia em apenas dois capítulos do livro, no capítulo 1 “Química - que ciência é essa?”, sendo discutida em poucos momentos do capítulo, e no capítulo dois “Leis das reações químicas e teoria atômica de Dalton”, discutida em parte considerável do capítulo. Este livro, de modo geral, não apresentou aspectos da historiografia tradicional, mas aspectos da nova historiografia.

5.6 Análise do livro de Santos *et al.* - Química Cidadã: ensino médio

O LD6 se apresenta com 288 páginas, divididos em sete capítulos, com enfoque nas propriedades macroscópicas (condutibilidade elétrica e térmica, brilho, maleabilidade) no contexto da tabela periódica. O Quadro 12 mostra os conteúdos abordados no livro didático.

Quadro 12 - Conteúdos curriculares presente no LD6.

Química cidadã
Capítulos
Capítulo 1 - Substâncias e suas transformações;
Capítulo 2 - Materiais e processos de separação;
Capítulo 3 - Química e Ciência;
Capítulo 4 - Do atomismo aos modelos atômicos;
Capítulo 5 - Classificação dos elementos químicos;
Capítulo 6 - Ligações químicas;
Capítulo 7 - Substâncias: interações e propriedades.

Fonte: Autoria própria.

Os autores do LD6 iniciam o capítulo três “Química e Ciência” com um tópico dedicado a Alquimia denominada “Da Alquimia à Química” (ANEXO 03). Deste tópico destacamos:

[...] desde os primórdios da humanidade, uma série de tecnologias químicas foi desenvolvida: o controle da combustão, a obtenção de metais com base nas transformações químicas de seus minérios, o cozimento de alimentos, o processo de curtimento do couro, a fabricação de vidros e cerâmicas, a

obtenção de drogas e medicamentos, a produção de tintas etc (SANTOS et al., 2016, p. 82).

Os autores levam em consideração algumas práticas realizadas pelo homem primitivo, ou seja, as práticas artesanais. Trata-se de uma prática que precede à Alquimia e era realizada pelo homem primitivo (MAAR, 2008).

Também Santos *et al.* (2016, p. 83) relatam que a “*esses conhecimentos práticos se somaram conhecimentos de sábios, que permitiram melhor compreensão e maior domínio de diferentes processos de transformação. Surgiram, então, as bases da Alquimia em diversas civilizações [..]*”. Tal afirmação vai ao encontro do que é relatado na literatura por Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016), acumulando-se um vasto conhecimento das práticas artesanais, e por meio desse amplo conhecimento nasceu o pensamento alquímico.

Os autores do LD6 também apresentam uma concepção de que a prática da Alquimia se diferenciou “*pelas concepções de mundo de cada cultura. Desse modo, desde a Antiguidade até a Idade Média, tivemos, entre outras, a Alquimia chinesa, a hindu, a egípcia, a árabe e a europeia*” (SANTOS *et al.*, 2016, p. 83). O que também vai ao encontro ao que é relatado na literatura por Alfonso-Goldbarb (2001) e Maar (2008), que a prática alquímica desenvolveu em contextos variados e diversos lugares no mundo.

Os autores também trazem os diferentes significados da palavra Alquimia, para os egípcios “*advinda da palavra khemeia, arte relacionada a mistérios, superstições, ocultismo e religião*”. Para os gregos a palavra “*chyma, que significa fundir ou moldar metais*”. E para os autores do LD6, a concepção mais aceita se refere à Arte Negra que pode ser atribuída ao solo negro do Egito. O que também é relatado na literatura por alguns autores (BRIBIESCA; ROBLES, 2005; ALFONSO-GOLDBARD, 2001).

Ainda nesse capítulo, os autores dedicam um tópico denominado “O nascimento da Química Moderna” (ANEXO 05, 06). Esse tópico pode ser analisado com base no critério 3 que “*seleciona do passado apenas as ideias, teorias e práticas que parecem ter permanecidos*”, ou seja, seleciona do passado momentos em que a ciência tem sido vencedora, como é apresentado no seguinte excerto:

Os estudos sobre processos químicos eram desenvolvidos por diversos filósofos e, sobretudo, pelos alquimistas. Até a Idade Média, tais estudos se fundamentavam em teorias obscuras, mas, aos poucos, novos estudiosos adotaram os métodos experimentais da Ciência moderna e novas teorias foram surgindo para explicar as transformações químicas. Por exemplo, o médico, filósofo e alquimista suíço Paracelso, Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim [1493-1541], mesmo ainda ligado

à Alquimia, desenvolveu estudos que deram início à Química médica (quimiatría ou iatroquímica) (SANTOS *et al.*, 2016, p. 85).

Dentre os livros analisados, nenhum fez menção à Paracelso, contudo, no LD6, Paracelso é abordado, sem que suas ideias fossem aprofundadas, mesmo assim, pode-se depreender traços da historiografia moderna. Na perspectiva do aprofundamento, o livro poderia ter trazido como a matéria era constituída segundo a concepção de Paracelso, ou seja, ter explorado a teoria dos três princípios, de que tudo seria constituído e formado por proporções de mercúrio, enxofre e sal (PORTO, 1997; ROBLES; BRIBIESCA, 2005; FARIAS, 2006; CECON, 2013; BADILLO; MIRANDA, 2014; ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Os autores trazem as contribuições de alguns estudiosos que levou ao nascimento da Química Moderna, assim notamos a presença do critério 1: “narra uma História da Ciência linear e progressista”, ou seja, o conhecimento científico é apresentado aos alunos de forma lógica e cronológica (SAITO, 2010). Como podemos observar nos seguintes excertos: “[...] *o médico, filósofo e alquimista suíço Paracelso, Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim [1493-1541], mesmo ainda ligado à Alquimia, seus estudos deram início à Química médica*”, “[...] *os quais se destaca o físico e químico irlandês Robert Boyle, desenvolveram técnicas experimentais na produção metalúrgica e na preparação de diversos materiais*”, “*Muitas das novas teorias permaneceram ainda impregnadas de velhos conceitos e modelos da Alquimia. Uma das mais marcantes foi a teoria do flogístico, proposta pelo alemão Georg Ernst Stahl [1660-1734]*”, “*No século XVIII, surgiram melhores explicações para a combustão. Antoine Laurent Lavoisier [1743-1794] percebeu a importância do oxigênio para esse processo*”.

A História da Ciência apresentada nesses excertos se resume a um tipo de calendário, repleto de datas, com nomes e descobertas geniais, ou seja, uma abordagem anacrônica que traz uma interpretação equivocada dos documentos históricos (FORATO *et al.*, 2011). Com a nova historiografia da ciência, essa abordagem histórica poderia compreender a ciência como uma construção cultural, considerando a influência de fatores sociais, políticos, econômicos, e quaisquer outros fatores que possam ter influenciado no desenvolvimento da ciência.

E também, para evitar marcas da historiografia tradicional, os autores poderiam ter explorado os debates e questões “extra científicas” que estiveram ligadas na formulação do conhecimento científico. Ou seja, mostrar que as “características da ciência vão desde o processo de construção das teorias científicas, até o papel que a comunidade científica

exerceu na época ao aceita-las ou rejeitá-las, bem como todo processo de troca de uma teoria por outra” (PIRES, MARQUES, 2017, p. 282).

De acordo com Trancoso e Santos (2017), não basta introduzir aspectos históricos para que a aulas de química se tornem atrativas, seria um equívoco acreditarmos que a História da Ciência, de forma isolada, resolveria todas as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao estudar Química. As aulas com base em episódios da História da Ciência pode contribuir para o aprendizado, mas não substitui a motivação do professor em trabalhar de forma reflexiva, com a realização de aulas experimentais investigativas, a promoção da interdisciplinaridade e outras abordagens e outros recursos, como textos, vídeos e outros, que ao ser empregados em sala de aula, facilitem a compreensão dos conteúdos ministrados.

A História da Ciência vincula-se à diferentes dimensões do desenvolvimento da humanidade, assim sendo, a Química no ensino médio não deveria ser estudada, sem mencionar e relatar o contexto histórico de seus antepassados, pois as atividades, pesquisas, descobertas realizadas por eles estão relacionados aos momentos histórico da época e da cultura em que viveram (TRANCOSO; SANTOS, 2017).

Na página 86 (ANEXO 6), os autores trazem uma nota destacando que “*muitos químicos contribuíram para a consolidação da Química como Ciência Moderna*” (SANTOS *et al.*, 2016, p. 86) Essa nota alerta para o fato de que a Química Moderna se constitui por influência de muitos estudiosos, sem destacar um representante principal.

Ainda nesse capítulo, a Alquimia aparece em outros momentos quando é dedicado um tópico à linguagem química. Nesse tópico, os autores enfatizam que a química tem sua própria linguagem, como apresentado no seguinte excerto:

*Na Idade Média, os alquimistas já usavam símbolos para representar substâncias, materiais, equipamentos, operações e unidades de medida. No entanto, esses símbolos eram compreendidos apenas pelos iniciados, ou seja, pelas poucas pessoas que tinham acesso aos segredos alquímicos. Além de restrita, a simbologia alquímica não era padronizada: uma mesma substância podia ter vários nomes e um mesmo nome podia indicar diferentes substâncias. Já imaginou a confusão? (SANTOS *et al.*, 2016, p. 96)*

Ao mencionarem “*esses símbolos eram compreendidos apenas pelos iniciados, ou seja, pelas poucas pessoas que tinham acesso aos segredos alquímicos*”, os autores poderiam ter relatado que esses alquimistas eram conhecidos como esotéricos, que se dedicavam à prática alquímica, relacionando-a com rituais sagrados (BADILLO; MIRANDA, 2014; ALFONSO-GOLDFARB, *et al.*, 2016).

As representações simbólicas da Figura 10 exprimem a importância da comunicação na Alquimia, sendo alguns deles utilizados até os dias atuais. Embora bastante pertinente esta abordagem, os autores poderiam ainda ter destacado aspectos presente na figura, como que até o início da Idade Moderna, os sete metais foram conhecidos e estudados de diferentes modos, e que os mesmos foram associados aos setes corpos celestes mais próximos da terra, a saber: o sol, a lua e os cinco planetas observáveis a olho nu (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016; PARDO, 2002).

Figura 10 - Os símbolos da Alquimia, apresentado no LD6.

OS QUATRO ELEMENTOS	OUTRAS SUBSTÂNCIAS
 Terra  Água  Ar  Fogo <p>Ainda hoje usamos esse símbolo para representar aquecimento: herança insuspeitada da Alquimia.</p>	 Sal (símbolo genérico para "sais")  Sal comum (o nosso cloreto de sódio)  Enxofre  Sublimado de mercúrio  Realgar  Vitriolo  Sal amoníaco  Água-forte (ácido nítrico)
OS SETE METAIS	OUTROS SÍMBOLOS
 Ouro (o Sol)  Prata (a Lua)  Cobre (Vênus)  Ferro (Marte)  Mercúrio  Chumbo (Saturno)  Estanho (Júpiter)	 Sublimação (processo)  Retorta (equipamento)

Os símbolos da Alquimia eram expressos em códigos só conhecidos pelos "iniciados".

Fonte: Santos *et al.*, (2016, p. 97).

Entendemos que no LD6 a abordagem histórica é feita sob uma perspectiva contextualizada, além de ser abordada em seções de *box* específicos de História da Ciência, é também apresentada no próprio texto, ou seja, integrada com os conteúdos específicos. Segundo Beltran e Trindade (2017), a abordagem histórica deve privilegiar os episódios que evidenciam debates entre concepções e modelos diferentes para a explicação de um mesmo fenômeno. Assim, é possível o aluno refletir sobre a coerência interna de concepções elaboradas em diferentes épocas e culturas.

É de importância fundamental que o professor destaque em suas aulas essas abordagens históricas dos conceitos, visto que tal abordagem possa auxiliar numa

compreensão de ciência, que se contraponha ao modelo positivista, que expressam uma imagem ingênua da construção do conhecimento científico, chamada por Gil Pérez *et al.* (2011) de visões deformadas de ciência. Sendo elas. Uma visão empírico-indutivista, concepção que destaca o papel neutro da observação e da experimentação deixando de lado o papel essencial das hipóteses. Visão rígida, algorítmica, exata, infalível, que apresenta o método científico com uma sequência de etapas definidas. Visão aproblemática e ahistórica concepção que transmite os conhecimentos já elaborados, omitindo os debates entre teorias que tiveram ligados diretamente ou indiretamente na sua formulação. Visão acumulativa, de crescimento linear gerando a ideia de que os conhecimentos atuais são melhores do que os do passado. E visão individualista e elitista; e descontextualizada concepção que ignora o papel do trabalho coletivo e cooperativo da ciência (GIL PÉREZ *et al.*, 2001).

No LD6 a Alquimia é apresentada apenas no capítulo três “Química e Ciência”, sendo discutida na maior parte do capítulo. Destaca-se que os autores tiveram o cuidado de promover possibilidades de reflexões por meio de conteúdos voltados para a Alquimia e suas contribuições na construção de conhecimentos químicos pelos estudantes. Alguns nuances da historiografia tradicional são percebidos ao narrar uma História da Ciência linear e progressista e selecionar do passado apenas as ideias, teorias e práticas que parecem ter permanecidos. De modo geral, a análise deste livro permitiu vários aspectos, que no conjunto, evidencia-se a abordagem contextualizada da Alquimia, segundo a qual, o professor pode ampliar o espectro de possibilidades de estudos e voltados para a compreensão da nova historiografia da ciência.

5.7 Reflexão acerca dos livros didáticos analisados

Dos seis livros analisados, a Alquimia se apresenta em cinco deles, portanto na grande maioria, apenas um deles não aborda qualquer aspecto relacionado ao nosso foco de interesse.

No Quadro 13 apresentamos um panorama dos aspectos da historiografia tradicional identificados nos livros didáticos analisados.

Quadro 13 - Livros didáticos analisado de acordo com as marcas da historiografia tradicional.

Livros Didáticos	Capítulos que são contemplados a Alquimia	Presença dos critérios de análise					
		1	2	3	4	5	6
LD1	Capítulo 1: A conservação dos alimentos e as transformações dos materiais			x			x
	Capítulo 3: Elementos químicos e tecnologia: modelos sobre a constituição da matéria	x		x			
LD2	Capítulo 4: Transformações da matéria					x	x
LD3	Capítulo 1: Química: objeto de estudo e aplicações			x			
	Capítulo 11: Funções da Química inorgânica			x			
LD4	-						
LD5	Capítulo 1: Química - que ciência é essa?						
	Capítulo 2: Leis das reações químicas e teoria atômica de Dalton						
LD6	Capítulo 3 - Química e Ciência;	x		x			

Fonte: Autoria própria.

No LD1 e LD6 notamos a presença do critério 1, em alguns momentos é apresentado uma História da Alquimia linear e progressista. O critério 3 se faz presente no LD1, LD3 e LD6, quando a Alquimia é apresentada, os autores seleciona do passado apenas fatos, teorias que permaneceram na ciência do presente, ou seja, uma abordagem anacrônica, que considera o ciência atual melhor do que a ciência do passado. O critério 5 foi identificado apenas no LD2, esse critério traz a ideia de que apenas os grandes nomes e gênios fazem parte da comunidade científica, ignorando o processo coletivo e cooperativo da ciência. Por fim o critério 6, se fez presente no LD1 e LD2, ao trazerem a Alquimia como uma pseudociência, característica da antiga historiografia, considerando a nova historiografia da ciência não podemos comparar com o mesmo padrão ciências de épocas diferentes.

Mesmo que a Alquimia não se fez presente em todos os livros didáticos, todos os autores dos seis livros analisados recomendam o uso da História da Ciência na abordagem dos conteúdos curriculares, em sala de aula. Assim, é possível que o aluno tenha uma visão mais humanizada de ciência e poderá entender que a ciência se apresenta como um caráter transitório e está sujeito às mudanças.

Aspectos da historiografia tradicional também foram identificados por Machado, Goi e Wagner (2016) ao analisarem livros didáticos utilizados por três escolas de ensino médio no município de Caçapava do Sul-RS (duas da rede pública e uma da rede privada). No ano de 2013, os autores buscaram identificar nos livros didáticos a perspectiva da História da Química. De um modo geral, constataram que os livros analisados, na maioria das vezes, apresentam uma concepção da História da Química atemporal e linear. E também verificaram uma certa limitação por parte dos autores dos livros didáticos em abordarem o contexto histórico da Química, e nem sempre os aspectos históricos estão integrados ao eixo central do conteúdo dos livros didáticos. As abordagens históricas encontradas nos livros didáticos apresentam concepções da antiga historiografia da ciência, que defende uma visão neutra e cumulativa da ciência e também busca apresentar a História da Ciência no ensino de forma descontextualizada e baseada na transmissão de conteúdo (MACHADO; GOI; WAGNER, 2016). Esses resultados, mesmo em contextos e objetos diferentes, vem ao encontro dos critérios voltados à historiografia tradicional, que permeou os nossos resultados, para a Alquimia, nos livros analisados.

Capítulo 6: Considerações Finais

[...] O conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos (BRASIL, 2000, p. 31).

Neste capítulo, faremos algumas reflexões sobre o objeto de estudo dessa investigação. Para responder nossa questão de pesquisa “Como a Alquimia é abordada nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018?”, muitos questionamentos emergiram, alguns se apresentaram claramente nos livros analisados e outros exigiram um exercício de aprofundamento para podermos evidenciar sob quais critérios a historiografia tradicional se manifestava no conteúdo em análise.

As leituras e releituras dos conteúdos voltados à Alquimia, no sentido de aprofundar nosso olhar para o foco, historiografia tradicional, não teve a intenção de apontar lacunas nesses livros, até porque, a grande maioria deles aborda de alguma forma.

De modo geral, a Alquimia é discutida em poucos momentos esparsos, inserida em tópicos de História da Ciência, como uma chamada para a reflexão ou apoiada em conteúdos específicos dos conhecimentos químicos. Somente no LD5 a Alquimia aparece em parte considerável do capítulo e no LD6, a Alquimia permeia maior parte do capítulo em que a abordagem aparece.

Em relação aos aspectos da historiografia tradicional, verificamos que os livros didáticos analisados LD1, LD2, LD3 e LD6 apresentam características da perspectiva historiográfica tradicional, o que evidencia uma prática que se repete de longa data, em boa parte dos livros didáticos, assim como nestes, aprovados pelo PNLD. Tais autores, ao abordarem a Alquimia, ainda apresentam concepções de ciência e progresso na perspectiva positivista, do século XIX (BELTRAN; TRINDADE, 2017).

Nesse sentido, o modelo historiográfico dessa época, de acordo com ou autores, como Beltran e Trindade (2017), prezava as descobertas, enfatizando os erros e acertos da ciência, dessa forma, a ciência de hoje é vista como uma construção linear, que evoluiu, marcando, assim, o progresso da humanidade.

Os autores dos livros analisados inserem a historiografia sob diferentes ênfases, nossa atenção se volta para dois deles, o LD5 e LD6. O LD5, por não apresentar nenhum

aspecto da antiga historiografia, o que denota uma importante valorização acerca da nova historiografia da ciência. Já o LD6, o único livro didático em que a Alquimia é abordada praticamente em todo capítulo (capítulo três “Química e Ciência”), possibilita que seu ensino seja de forma contextualizada, o que contribui para evitar concepções que enfatizam erros e superstições. No entanto, destacamos aspectos relacionados à historiografia tradicional, em alguns momentos é apresentado uma História da Alquimia que considera a ciência atual melhor do que a ciência do passado, portanto, a ideia de progresso linear.

Os estudos em História da Ciência, atualmente, propõem a contextualização como forma de valorizar o processo, portanto, não importa apenas o produto, mas todos os meandros da construção de conhecimento.

De um lado, a abordagem externalista está preocupada com o trabalho do cientista e com a transformação da ciência “enquanto parte de um grupo social que compartilha elementos que constituem uma cultura específica. Procura-se, nessa abordagem, evitar uma história heróica da ciência e dos cientistas” (CRUZ, 2006, p. 166). O autor ainda afirma que, nessa perspectiva externalista, a análise de teorias científicas “derrotadas” é tão importante quanto uma análise de teorias tidas como “vencedoras”, isto porque a análise histórica nessa perspectiva esta pautada em critérios que levam em consideração os contextos social, político, econômico, entre outros fatores externos, que são determinantes na constituição da ciência. Por outro, uma abordagem internalista permite fazer uma análise a partir dos aspectos racionais, isto é, uma análise preocupada com a construção lógica dos conceitos e métodos científicos.

Considerando a nova historiografia da ciência, a análise histórica dos fatos deve levar em consideração que as particularidades locais, temporais e culturais têm desempenhado um papel importantíssimo na formação não só do discurso científico, mas também na função social da ciência (GAVROGLU, 2007, p. 21).

Se levarmos em conta que a Alquimia se apresenta modestamente nos livros didáticos, como já indicado neste trabalho, cabe-nos repensar os caminhos que devem ser trilhados para que essa forma de pensamento seja compreendida e utilizada, de fato, na aproximação entre o conhecimento científico e a sala de aula. Longe de propor qualquer modelo entre o que se pesquisa e a sala de aula, pretendemos apenas destacar que os resultados de pesquisas voltados à Alquimia devem estabelecer relações mais estreitas com o ensino e aprendizagem dos seus conceitos.

Mesmo com representatividade modesta nos livros didáticos, de modo geral, entendemos que não é possível que toda História da Química seja amplamente contemplada,

então como abordar a Alquimia em sala de aula? Primeiramente é necessário aprofundar a História da Alquimia, recorrendo às fontes primárias para, posteriormente, elaborar sequências de ensino, considerando a nova historiografia da ciência que auxilie o professor na abordagem histórica da Alquimia. Assim, de acordo com Bighetti (2019, p. 124), é possível “uma melhor compreensão da Natureza da Ciência, do tema abordado, facilitando a aprendizagem dos estudantes”. Não há dúvidas de que a o próprio desenvolvimento de pesquisas em interligação com a escola e os professores pode proporcionar um diálogo mais efetivo com a História da Ciência. Nesse sentido, abrem-se caminhos para repensar a Alquimia e aprofundar as abordagens propostas nos livros, de maneira que possa contribuir com a História da Química.

Por fim, além desses aspectos que apontamos, cabe-nos lembrar que o livro didático desempenha um papel importantíssimo, tanto para o professor, como para o aluno, portanto, é nesse sentido que destacamos a necessidade de reflexão para os conteúdos que podem estabelecer conexões com Alquimia, geralmente, apenas pontuados nos livros adotados nas escolas da Educação Básica.

Referências

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é história da ciência**. São Paulo: Brasiliense, 1994.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da Alquimia à química**. São Paulo: Landy Editora, 2001.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H.; BELTRAN, M. H. R. **A historiografia contemporânea e as ciências da matéria**: uma longa rota cheia de percalços. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003.

ALFONSO-GOLDFABR, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). **Escrevendo a história da ciência**: tendências, propostas e discussões historiográficas. São Paulo: Livraria Editora da Física/Educ/FAPESP, 2004. cap. 3 p. 49-73.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). **Escrevendo a história da ciência**: tendências, propostas e discussões historiográficas. São Paulo: Livraria Editora da Física/Educ/FAPESP, 2004.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R.; PORTO, P. A. **Percursos de história da química**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

ANUNCIACÃO, B. C. P.; NETO, H. S. M.; MORADILLO, E. F. Robert Boyle no contexto da transição para a ciência moderna: elementos para uma análise sócio-histórica. **Revista Ideação**, v. 1, n. 29, p. 165-192, 2014.

ARCHER, A. M.; WELIKSON, C.; NEVES, G. Guia didático do professor. **A animação**: os quatro elementos. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://research.ccead.puc-rio.br/sites/reas/wp-content/uploads/sites/15/2017/10/guiaDidatico_quatroelementos.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2019.

BADILLO, R. G.; MIRANDA, R. P. Una aproximación a un análisis histórico y social general de la Alquimia. **Educacion Química**, v. 25, n. 2, p. 104-112, 2014.

BATISTA, R. P.; MOHR, A.; FERRARI, N. Análise da história da ciência em livros didáticos do ensino fundamental em Santa Catarina. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007. **Anais...** UFSC, Florianópolis, 2007.

BELTRAN, M. H. R. **A arte Química da gravura: pequena história da Química e da gravura: artes dos séculos XVI e XVII**. 1990. 139f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/250832>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

BELTRAN, M. H. R. Destilação: a arte de “extrair virtudes”. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 4, p. 24-27, 1996.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência: tópicos atuais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.

BELTRAN, M. H. R.; TONETTO, S. R. Algumas considerações sobre as origens da Química. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência: tópicos atuais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010. Cap. 1. p. 13-29.

BELTRAN, M. H. R.; RODRIGUES, S. P.; ORTIZ, C. E. História da Ciência em Sala de aula – Propostas para o ensino das Teorias da Evolução. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 4, n. 1, p. 49-61, 2011.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

BELTRAN, M. H. R.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência e ensino: abordagens interdisciplinares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

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

BIGHETTI, R. C. **História da Ciência e livro didático: Robert Boyle e o PNLD 2018-2020**. 2019. 147f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, SP.

BOYLE, R. **The Origin of forms and Qualities (according to the corpuscular philosophy) illustrated by (1) considerations and (2) experiments 1. The Theoretical Part (1666)**. Tradução de Jonathan Bennett, 2017. Disponível em: <https://www.earlymoderntexts.com/assets/pdfs/boyle1666_2.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, 2000. Disponível em:

<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>><http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/09Quimica.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **PNLD 2018: química – guia de livros didáticos – ensino médio**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/pnld-2018/index.html>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

BRIBIESCA, L.; ROBLES, J. En busca de la piedra filosofal: O ¿deberia todo químico moderno saber algo de Alquimia? Parte I: La Alquimia como sistema de pensamento. **Educación Química**, v. 16, n. 1, p. 199-207, 2005.

BUENO, S. **Minidicionário da língua portuguesa**. São Paulo: FTD, 2007.

CÁRDENAS, J. L. La investigación científica y el problema de su justificación en la discusión Boyle / Spinoza. **Ideas y Valores**, v. 54, n. 128, p.1-21, Bogotá, 2005.

CARVALHO, R. S. Lavoisier e a sistematização da nomenclatura química. **Sciaentiae Studia**, v. 10, n. 4, p. 759-771, 2012.

CECON, K. **A relação entre filosofia mecânica e os experimentos alquímicos de Robert Boyle**. 2010. 160f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, SP.

CECON, K. Um exemplo de negação do conceito de elemento na filosofia natural. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 8, n. 1, p. 68-89, 2013.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P. B. **Química - Ciscato, Pereira, Chemello e Proti**. v. 1. São Paulo: Moderna, 2016.

COSTA; N. L.; PIVA, T. C. C.; SANTOS, N. P. **Maria a judia e a arte hermético-mosaica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh4/trabalhos/Nelson%20Lage%20MARIA.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

COURA, M. I. M. C. **Atuação do PIBID ciências em uma sequência didática investigativa sobre Alquimia**. 2016. 111f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, MG.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 1994.

CRUZ, R. N. História e Historiografia da Ciência: considerações para pesquisa histórica em análise do comportamento. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, v. 8, n. 2, p. 161-178, 2006. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbtcc/v8n2/v8n2a05.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

D' AMBROSIO, U. Tendências historiográficas na história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria Editora da Física/Educ/FAPESP, 2004. cap. 7 p. 165-200.

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

DEBUS, A. G. Ciência e história: o nascimento de uma nova área. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria Editora da Física/Educ/FAPESP, 2004. cap. 1, p. 13-39.

ELIADE, M. **Herreros y Alquimistas**, trad. castelhana, Madrid: Alianza Ed. (com autorização de Taurus Ed.), 1974.

FARIAS, R. F. **Paracelsus, e a Alquimia medicinal**. São Paulo: Gaia, 2006.

FARIAS, R. F. **História da Alquimia**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

FEDERMANN, R. **La Alquimia**. Editorial Bruguera, S.A, 1972.

FONSECA, M. R. M. **Química: ensino médio**. v. 1, São Paulo: Ática, 2016.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

FREZZATTI Jr., W. A. Boyle: a introdução do mecanicismo na química. **Revista Varia Scientia**, v. 5, n. 9, p. 139-156, 2005.

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

GAVROGLU, K. **O passado das Ciências como História.** Portugal: Porto Editora, 2007.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

JORDÃO, C. M. As lentes do discurso: letramento e criticidade no mundo digital. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 19-29, 2007.

KRAGH, H. **Introdução á historiografia da ciência.** Portugal, Porto: Editora Porto, 2001.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas.** Editora Perspectiva; São Paulo, 1962.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

LEME, M. A. A. **Investigação das concepções de licenciandos em química sobre história da ciência.** 2008. 150f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, SP, 2008.

LIMA, T. A.; SILVA, M. N. Alquimia, Ocultismo, Maçonaria: o ouro e o simbolismo hermético dos cadinhos (séculos XVIII e XIX). **Anais do Museu Paulista.** São Paulo, n. 1, v. 8/9, p. 9-54, 2003.

LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M. **Ser protagonista: química ensino médio.** v. 1. São Paulo: Edições SM, 2016.

LOGUERCIO, R. Q.; DEL PINO, J. C. Contribuições da História e da Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. **Acta Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 67-77, 2006.

LOMBARDI, O. I. La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos y contraargumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 343-349, 1997.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MAAR, J. H. **História da química**. Florianópolis, SC: Conceito Editorial, 2008.

MACHADO, S. F. R.; GOI, M. E. J.; WAGNER, C. Abordagem da história da química na educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 32-50, 2016.

MALDANER, O. A. Uma pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p. 289-292, abril de 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000200023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 jan. 2020.

MARTIN, C. **Full Boyle**. Science History Institute, Philadelphia, Estados Unidos, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencehistory.org/distillations/magazine/full-boyle>>. Acesso em: 06 jan. 2020.

MARTINS, L. A. C. P. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Educação**, v. 1, n. 5, p. 18-21, 1998.

MARTINS, R. A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.) **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria de Física/Educ/Fapesp, 2004, cap. 5, p. 115-145.

MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo. Livraria da Física, 2006. p.17-30.

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.

MARTINS, A. P. B.; PORTO, M. B. D. S. M. O Ensino e a Aprendizagem das Ciências da Natureza no Ensino Fundamental II: uma proposta envolvendo a Natureza da Ciência. **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 981-990, 2018.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MENDES, A. C. MAIA, Carlos Alvarez História das Ciências, uma história de historiadores ausentes: condições para o aparecimento dos sciences studies Rio de Janeiro: Eduerj, 2013. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 362-364, 2014.

MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F.; GOMES, R. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

MOREIRA, N. S. **Lavoisier, da Alquimia à química moderna: teatro para a popularização científica e a educação em ciência**. 2014. 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências da Natureza) - Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Subsídios Epistemológicas para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, Brasil, 2016.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio**. v. 1. São Paulo: Scipione, 2016.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Vivá: química ensino médio**. v. 1. Curitiba: Positivo, 2016.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento: da Antiguidade à Modernidade. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 16, p. 21-25, 2002.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

PÁEZ, A. M.; GARRITZ, A. Mujeres y química Parte I. De la antigüedad al siglo XVII. **Educación Química**, v. 24, n. 1, p. 2-7, 2013.

PARDO, J. Q. Aproximación a los orígenes de la química moderna. **Educación Química**, v. 13, n. 1, p. 45-54, 2002.

PANTALEO-JÚNIOR, M.; SAITO, F. História da Ciência na formação de professores: um diagnóstico. In: BELTRAN, M. H. R.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência e ensino: abordagens interdisciplinares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. Cap. 3, p. 43-58.

PIRES, K. L.; MARQUES, D. M. . Da radioatividade ao modelo atômico nuclear: uma proposta didático-metodológica. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. (Orgs.). **História da ciência: tópicos atuais 5**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. p. 279-309.

PORTO, P. A. Os três princípios e as doenças: a visão de dois filósofos químicos. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 569-572, 1997.

Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). **Funcionamento do PNLEM**. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/observatorio-da-educacao/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/13608-programa-nacional-do-livro-didatico-para-o-ensino-medio-pnlem> >. Acesso em: 29 jan. 2019.

PRINCIPE, B. L. M. Alchemy Restored. **Focus-Isis**, v. 102, n. 2, p. 305-312, 2011.

PRINCIPE, L. M. **The Secrets of Alchemy**. Science History Institute, Philadelphia, Estados Unidos, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencehistory.org/distillations/the-secrets-of-alchemy>>. Acesso em: 06 jan. 2020.

ROBLES, J.; BRIBIESCA, L. En busca de la piedra filosofal: O ¿deberia todo químico moderno saber algo de Alquimia? Parte II: Historia de la Alquimia como búsqueda de conocimiento y práctica. **Educación Química**, v. 16, n. 2, p. 338-346, 2005.

ROZENTALSKI, E. F. **Indo além da Natureza da Ciência: o filosofar sobre a Química por meio da ética química**. 2018. 378f. Tese (Doutorado em Ensino de Química), Instituto de Física da USP. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SAITO, F. História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**. v. 1, n. 1, p. 1-6, 2010.

SANTANA, E. M. **O uso do jogo autódromo alquímico como mediador da aprendizagem no ensino de química**. 2012. 173f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, SP.

SANTOS, A. R.; COSTA, E. S. C.; SILVA, E. L. Da medicina de Hipócrates ao início de Boyle: um olhar da filosofia e história da química. **In: Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/X Encontro de Educação Química da Bahia**. Salvador, Bahia, 2012.

SANTOS, A. F. **Lavoisier nos livros didáticos**: uma análise à luz da História da Ciência. 2015. 105f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, SP.

SANTOS, W. L. P. **Química cidadã: ensino médio**. v. 1. São Paulo: Editora AJS, 2016.

SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, C. S.; OLIVEIRA, L. A. A.; OLIVEIRA, O. M. M. F. **Evolução histórica da química**. Rede São Paulo de Formação Docente. Cursos de Especialização para o quadro do Magistério da SEESP Ensino Fundamental II e Ensino Médio. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2011.

SILVA, L. C. K. G. Internalismo versus externalismo em história da ciência: uma proposta de integração. **Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados de História** v. 62, n. 1, p. 388-395, 2018.

SILVEIRA, F. P. R. A.; OLIVEIRA, T. R. C.; PINHEIRO, L.; MENDONÇA, C. A.S.; KOCK, A. **A contribuição da Epistemologia da Ciência para o ensino e a pesquisa em Ensino de Ciências**: de Laudan a Mayr. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0898-1.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

STRATHERN, P. **O Sonho de Mendeleiev**: a verdadeira história da química. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Tradução Francisco Pereira de Lima. Petrópolis: Vozes, 2002.

TAVARES, L. H. W. **A história da ciência nas obras de química do programa nacional do livro didático para o ensino médio**: uma análise através do conceito de substância. 2010. 167f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência), Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, SP, 2010.

TRAMER, A.; VOLTZ, R.; LAHMANI, F.; SZCZEPINSKA-TRAMER, J. What Is (Was) Alchemy?. **Acta Physica Polonica A**, v. 112, n. 1, p. 5-18, 2007.

TRANCOSO, M. D.; SANTOS, N. P. A história das ciências colaborando no estudo da estrutura atômica e dos modelos atômicos no ensino médio. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. (Orgs.). **História da ciência: tópicos atuais 5**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. p. 225-249.

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro**. São Paulo: Moderna, 1994.

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro**. São Paulo: Moderna, 2005.

VIDAL, P. H. O. **A História da ciência nos livros didático de química do PNLEM 2007**. 2009. 104f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo.

VIDEIRA, A. A. P. Historiografia e história da ciência. Escritos. **Revista da Fundação Casa de Rui Barbosa**, n. 1, p. 111-158, 2007.

ZANON, L.B.; 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).

ZATERKA, L. As teorias da matéria de Francis Bacon e Robert Boyle: forma, textura e atividade. **Scientiae Studia**, v. 10, n. 4, p. 681-709, 2012.

ANEXOS

Anexo 01 - Abordagem histórica do conteúdo encontrada no LD4.

A IDEIA DE ÁTOMO: DA GRÉCIA ANTIGA AOS TEMPOS ATUAIS

A ideia da existência de átomos remonta à Grécia antiga, onde Leucipo (480?-430? a.C.), Demócrito (460?-370? a.C.) e Epicuro (341?-270? a.C.) argumentavam que a matéria seria constituída por átomos (palavra que significa, em grego, indivisível) e espaços vazios. Essa ideia, entretanto, não prevaleceu e ficou, de certa forma, marginalizada durante 2 mil anos.

A concepção filosófica que prevaleceu até o século XVI foi proposta por Aristóteles (384-322 a.C.). Para esse filósofo grego, a matéria seria contínua. Assim, Aristóteles não supunha a existência de átomos e espaços vazios entre eles (o que não significa dizer que ele admitia que a matéria era indivisível). Na sua concepção de matéria, haveria um limite para essa divisibilidade, o que o levava a pensar na existência de partículas. Essa teoria das menores partículas – ou mínimos naturais, como eram chamadas por Aristóteles – não pode ser confundida com o atomismo de Leucipo, Demócrito e Epicuro. Para Aristóteles, as menores partículas seriam grãos de matéria, que exibiriam todas as suas propriedades – poderiam se dilatar, fundir-se, etc.

Como tivemos oportunidade de discutir, as partículas do ar não se dilatam quando aquecidas. A dilatação observada é consequência do aumento da separação média entre as partículas que compõem o material. Portanto, em um modelo atomista, nem todas as propriedades dos materiais podem ser atribuídas às partículas, como queria Aristóteles.

Apesar de suas ideias terem sido marginalizadas por longo tempo, Leucipo, Demócrito e Epicuro estavam mais próximos da concepção que acabou prevalecendo na ciência moderna – a de que a matéria é constituída por átomos e espaços vazios.

A partir do Renascimento, no século XVI, o atomismo foi retomado por uma corrente de pensamento que teria grande sucesso na Física: o mecanicismo, segundo o qual o mundo funcionava como uma grande máquina, precisa e exata. Gassendi (1592-1655) e Mersenne (1588-1648), filósofos que influenciaram Galileu, foram os primeiros a retomar a hipótese de que a matéria seria constituída por partículas (os átomos). Outros físicos e filósofos importantes como Galileu (1564-1642), Newton (1643-1727) e Boyle (1627-1691) usaram essa hipótese atomista na explicação de propriedades dos materiais.

Em 1803, John Dalton (1766-1844) retomou a hipótese atômica para explicar o comportamento dos diversos gases da atmosfera e das misturas gasosas. Assim como Leucipo, Demócrito e Epicuro, Dalton acreditava que a matéria seria constituída por átomos indivisíveis e espaços vazios.

Durante todo o século XIX, no entanto, a hipótese atômica enfrentou adversários ferrenhos, tanto na Química como na Física. A falta de evidências experimentais para sua existência tornava os átomos suspeitos, numa atmosfera impregnada pela crença na verdade dos fatos e pela desconfiança em relação a hipóteses teóricas. O atomismo, porém, se revelou um caminho frutífero na Química e na Física, e ao final do século XIX toda a comunidade científica rendia-se à hipótese atômica, já bem diferente da proposta originalmente por Dalton.

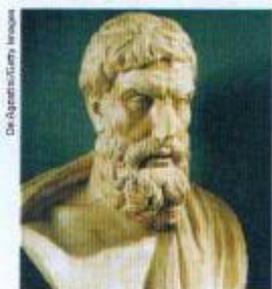


Figura 6.1

Leucipo, Demócrito e Epicuro eram atomistas; acreditavam que a matéria seria constituída por átomos e espaços vazios.



Figura 6.2

Aristóteles não era atomista; acreditava que as menores partículas da matéria seriam grãos de matéria.

Anexo 02 - Abordagem histórica da teoria dos quatro elementos encontrada no LD4.

ELEMENTOS QUÍMICOS E A TABELA PERIÓDICA

A ideia de que as substâncias são constituídas por uns poucos elementos é muito antiga. Aristóteles, por exemplo, falava na existência de quatro elementos: água, ar, terra e fogo (figura 6.24). Os elementos aristotélicos não tinham o mesmo sentido de hoje.

A ideia de elemento foi sendo alterada com o tempo. Lavoisier, por exemplo, definia substância elementar como aquela que não podia ser decomposta por meio dos processos químicos conhecidos na época. Alguns dos "elementos" no sistema de Lavoisier, como a soda cáustica, foram decompostos posteriormente, quando os químicos começaram a usar a eletrólise. O mesmo critério usado por Lavoisier foi adotado durante todo o século XIX, apesar de não permitir afirmar com segurança que substâncias eram realmente elementares. O desenvolvimento de técnicas de decomposição das substâncias possibilitou que algumas delas, anteriormente consideradas elementares, viessem a ser decompostas.

Só após a descoberta dos prótons foi possível formular um novo critério para a identificação de elementos químicos, que os relacionava a um modelo do átomo. Segundo esse novo critério, átomos de um mesmo elemento químico possuem o mesmo número de prótons no seu núcleo. Esse número passou a ser designado como **número atômico**, uma vez que é usado para identificar os elementos químicos. Como o núcleo é constituído por prótons e nêutrons, é possível haver diferentes átomos classificados como um mesmo elemento químico. A diferença estaria no número de nêutrons. Esses diferentes tipos de átomos de um mesmo elemento químico são conhecidos como **isótopos**. No quadro 6.2, citamos alguns exemplos de isótopos.

Elemento químico	Isótopos	Número de prótons	Número de nêutrons
hidrogênio	hidrogênio comum	1	0
	deutério	1	1
	trítio	1	2
cloro	cloro 35	17	18
	cloro 37	17	20

Quadro 6.2
Características dos isótopos do hidrogênio e do cloro.

O número de massa (A) de um isótopo qualquer é dado pela soma do número de prótons (igual ao número atômico, Z) com o número de nêutrons (N). Essa relação pode ser expressa pela fórmula:

$$A = Z + N$$

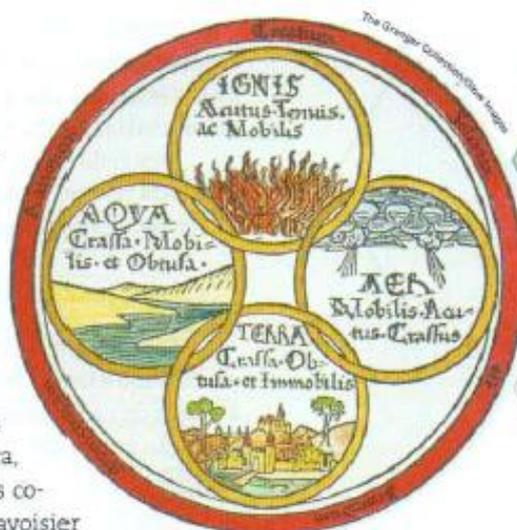


Figura 6.24
Várias são as teorias criadas para explicar a natureza da matéria. Uma delas, a "Teoria dos quatro elementos", criada pelo filósofo grego Empédocles, por volta do século V a.C., afirmava que o Universo seria composto de quatro elementos principais: terra, fogo, ar e água. Por volta de 350 a.C., Aristóteles retomou essa ideia para formular sua própria teoria sobre o tema. Na imagem, "Os quatro elementos", xilogravura de 1472.

Anexo 03 - Tópico dedicado a Alquimia presente no LD6.

1 Da Alquimia à Química



▲ Substâncias diferentes são armazenadas em recipientes separados. Os **processos químicos** em que substâncias se transformam em outras sempre fascinaram a humanidade.

Por que substâncias diferentes possuem propriedades diversas? Do ponto de vista microscópico, como serão as substâncias? Perguntas como essas sempre intrigaram o ser humano. É da natureza humana buscar respostas sobre questões relativas à nossa existência e ao mundo que nos cerca. O que sou? Onde estou? O que é o mundo? O que faço e o que devo fazer neste mundo? Essas são algumas das questões para as quais, há muito tempo, buscamos respostas por meio de diversos modos de pensar. O pensamento mágico e mitológico é uma das formas mais antigas de resposta a essas questões. O mito é uma forma de pensamento que se impõe pela emotividade ou, como consideram alguns, por explicações atribuídas a forças superiores. Esse tipo de pensamento manifesto em narrativas mitológicas, como as encontradas na mitologia grega, esteve presente em sociedades primitivas e se manifestava como uma crença coletiva, que não era questionada e simplesmente acreditada por atos de fé, sendo transmitida de geração a geração. Essa forma de interpretar o mundo ainda está presente nas sociedades atuais.

Assim foram, por exemplo, muitas explicações atribuídas à origem e à natureza do fogo, tido como um fenômeno divino. Um passo importante na evolução de nossa civilização foi, contudo, quando esse pensamento mágico começou a ser substituído por uma nova forma de explicar os fenômenos: o pensamento racional estabelecido pela filosofia, que busca respostas para as questões apresentadas anteriormente. A filosofia busca o conhecimento derivado de relações lógicas, baseadas na razão de causa e efeito, o que muda a forma de pensar em relação ao pensamento mágico. Do pensamento racional, surgiu o pensamento científico, ao qual a Química está vinculada. A Química, uma ciência moderna, fornece-nos explicações sobre as substâncias, suas transformações, suas propriedades e constituição. Vejamos um pouco dessa história.

▼ WRIGHT, Joseph. **O alquimista em busca da pedra filosofal**. 1771. Óleo sobre tela, 127 cm x 101,6 cm. Pintura representando Henning Brand e a descoberta do elemento fósforo.



Das artes práticas de transformação à Alquimia

Os processos químicos, nos quais substâncias se transformam em outras, sempre fascinaram a humanidade. Na busca de dominá-los, desde os primórdios da humanidade, uma série de tecnologias químicas foi desenvolvida: o controle da combustão, a obtenção de metais com base nas transformações químicas de seus minérios, o cozimento de alimentos, o processo de curtimento do couro, a fabricação de vidros e cerâmicas, a obtenção de drogas e medicamentos, a produção de tintas etc. O domínio dessas tecnologias possibilitou maiores intervenções no ambiente e contribuiu para melhorar as condições de vida do ser humano.



PARE E PENSE

O que você entende por Alquimia?

Anexo 04 - Abordagem do conteúdo referente a Alquimia presente no LD6.

O domínio desses conhecimentos práticos, de transformações de materiais por civilizações primitivas, se deu, muitas vezes, por técnicas executadas em rituais religiosos ou de magia. Assim, se consolidaram as técnicas dos curandeiros, dos mineiros, dos ferreiros, entre outros,

A esses conhecimentos práticos se somaram conhecimentos de sábios, que permitiram melhor compreensão e maior domínio de diferentes processos de transformação. Surgiram, então, as bases da Alquimia em diversas civilizações, diferenciando-se pelas concepções de mundo de cada cultura. Desse modo, desde a Antiguidade até a Idade Média, tivemos, entre outras, a Alquimia chinesa, a hindu, a egípcia, a árabe e a europeia.

Como se vê, a Alquimia não teve uma única base de conhecimento. Por isso, historiadores têm até dificuldade de defini-la claramente, considerando-a como doutrina, filosofia ou arte. O fato é que sua origem sempre esteve relacionada ao ofício prático de transformações de materiais. Com relação a seu nome, alguns consideram que teve origem na civilização egípcia, advinda da palavra *khemeia*, arte relacionada a mistérios, superstições, ocultismo e religião. Outra hipótese é que tenha surgido da palavra grega *chyma*, que significa fundir ou moldar metais. A concepção mais aceita é que o nome veio do grego *chemya*, palavra de origem egípcia: *kam it* ou *kem it* = “negro”. A explicação para essa origem pode ser atribuída ao solo negro do Egito (berço das artes alquímicas), ou a uma etapa de enegrecimento no processo de transmutação desenvolvido pelos alquimistas, ou, ainda, por significar a Arte Negra, secreta ou divina.

A Alquimia passou para a História por seus ideais inatingíveis: a busca de uma fórmula que poderia transformar metais em ouro, a chamada “transmutação”, e de um elixir da longa vida, que permitiria a imortalidade. Embora nunca tenham sido alcançados pelos alquimistas, esses objetivos trouxeram ganhos bastante concretos: permitiram o desenvolvimento de aparelhos, técnicas laboratoriais e substâncias fundamentais para o desenvolvimento da Ciência. Hoje não somos imortais, mas temos uma expectativa de vida cada vez maior. As conquistas tecnológicas, obtidas pela sociedade, trouxeram riqueza e melhor qualidade de vida, embora esses benefícios não estejam disponíveis a todos.

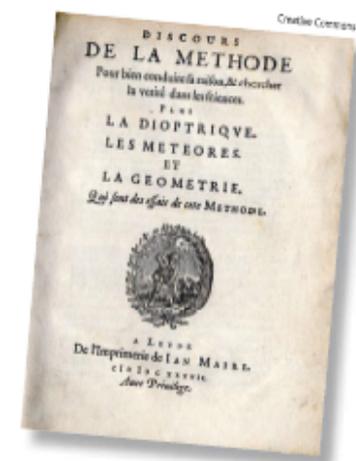
O método científico e o nascimento da Ciência moderna

No século XVII, começa a se estabelecer um novo modo de justificar os conhecimentos, com base em um moderno método experimental, centrado em observações meticulosamente controladas que pudessem desenvolver teorias demonstráveis matematicamente. O filósofo inglês Francis Bacon [1561-1626] e o filósofo francês René Descartes [1596-1650] estão entre os vários pensadores que contribuíram para o estabelecimento desse modo de pensar: o método científico. O físico italiano Galileu Galilei [1564-1642] e o químico irlandês Robert Boyle [1627-1691] estão entre os primeiros estudiosos a fazer uso dessa metodologia.

O novo método científico se consolidou e caracterizou o que chamamos hoje **Ciência moderna**. Essa nova forma de interpretar o mundo revolucionou diferentes campos de estudos e influenciou o modo de vida das pessoas. Seu objetivo é explicar a natureza e o universo no qual estamos inseridos. Enquanto os filósofos pensam sobre a causa da existência dos corpos, os cientistas se preocupam em explicar como eles se comportam.



▲ Forno de altas temperaturas e cadinho de porcelana são instrumentos usados hoje, mas que já eram utilizados pelos alquimistas.



▲ Em *Discurso do Método*, obra publicada em 1637, **Descartes** apresenta um modelo de pensamento que contribuiu para consolidar a nova forma de pensar que caracterizou a Ciência Moderna.

Anexo 05 - Episódio histórico presente no LD6.

O nascimento da Química Moderna

Os estudos sobre processos químicos eram desenvolvidos por diversos filósofos e, sobretudo, pelos alquimistas. Até a Idade Média, tais estudos se fundamentavam em teorias obscuras, mas, aos poucos, novos estudiosos adotaram os métodos experimentais da Ciência moderna e novas teorias foram surgindo para explicar as transformações químicas. Por exemplo, o médico, filósofo e alquimista suíço Paracelso, Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim [1493-1541], mesmo ainda ligado à Alquimia, desenvolveu estudos que deram início à Química médica (quimiatria ou iatroquímica). Vários outros, entre os quais se destaca o físico e químico irlandês Robert Boyle, desenvolveram técnicas experimentais na produção metalúrgica e na preparação de diversos materiais.

Muitas das novas teorias permaneceram ainda impregnadas de velhos conceitos e modelos da Alquimia. Uma das mais marcantes foi a **teoria do flogístico**, proposta pelo alemão Georg Ernst Stahl [1660-1734]. Em 1731, ele aventou uma teoria explicativa para a combustão. De acordo com ela, os corpos combustíveis teriam como constituinte um “elemento”, denominado flogístico, liberado durante a queima.

Embora as explicações, com base na teoria do flogístico, fossem razoáveis, ela apresentava incongruências em relação à variação de massa. Mesmo assim, foi muito aceita na época.

No século XVIII, surgiram melhores explicações para a combustão. Antoine Laurent Lavoisier [1743-1794] percebeu a importância do oxigênio para esse processo. Com base em experiências bem elaboradas e controladas, utilizando balanças de alta precisão (cujas sensibilidade e precisão poderiam rivalizar com balanças modernas), ele mediu a variação de massa durante a combustão de diversas substâncias. Os resultados dos experimentos demonstraram que havia conservação de massa durante as reações e permitiram que ele demonstrasse que a queima era uma reação com o oxigênio e que a cal metálica da teoria do flogístico era, na verdade, uma nova substância.

Lavoisier contribuiu, de maneira significativa, para o surgimento da Química como ciência experimental, ao propor uma alternativa à teoria do flogístico e consolidar um novo método de investigação coerente com os métodos científicos. O seu trabalho e o de outros químicos da época, como o escocês Joseph Black [1728-1799], contribuíram para demonstrar a necessidade do uso de balanças nos estudos da Química.

Essa nova forma de estudar processos químicos já era aplicada por vários cientistas e tem os trabalhos de Lavoisier como um marco na mudança de paradigma no estudo dessa área de conhecimento. Paradigma é o padrão ou o modelo que norteia nosso modo de viver, trabalhar, fazer Ciência. É pela mudança de paradigmas, de acordo com o físico e filósofo estadunidense Thomas Kuhn [1922-1996], que a Ciência se desenvolve. Essas mudanças são também chamadas **Revoluções Científicas**.

Historiadores das Ciências divergem quanto ao período e aos fatos que marcaram a **Revolução Química**. Porém, muitos concordam que essa revolução culminou, de fato, com o *Traité élémentaire de Chimie* (Tratado elementar de Química), publicado por Lavoisier em 1789. Nesse livro, Lavoisier apresenta uma definição operacional para elemento químico, rompendo com a concepção da teoria dos quatro elementos de Aristóteles e com a teoria do flogístico. A revolução promovida por Lavoisier se caracterizou pelo fato de os químicos passarem a utilizar um método característico

▼ A teoria do flogístico, que teve importância histórica na busca da compreensão da natureza da matéria, foi proposta pelo químico alemão Georg Ernst Stahl [1660-1734].



Anexo 06 - Episódio histórico na abordagem dos conteúdos presente no LD6.



▲ Joseph Priestley (1733-1804).

de investigação, uma linguagem própria e um sistema lógico de teorias para estudar e explicar os processos. Contribuíram para o surgimento da Química as profundas mudanças culturais e sociais daquela época, advindas com as Revoluções Industriais e com a Revolução Francesa, inspirada nos ideais dos iluministas do chamado Século das Luzes.

Vale destacar nesse contexto histórico uma característica do trabalho na comunidade científica, que é o crédito que se atribui na descoberta científica. No caso da descoberta do oxigênio, por exemplo, ela foi reivindicada por três químicos: o sueco Carl Wilhelm Scheele [1742-1786], que gerou tal gás entre os anos de 1770 e 1773; o inglês Joseph Priestley [1733-1804], que preparou o gás em 1774, provavelmente sem conhecer o trabalho de Scheele; e o francês Lavoisier, que explicou a combustão pelo oxigênio.

◀ **Muitos químicos contribuíram para a consolidação da Química como Ciência Moderna.** Entre os fatos que marcaram a chamada Revolução Química está a descoberta do gás oxigênio reivindicada por três químicos: o sueco Scheele que gerou tal gás entre 1770 e 1773; o inglês Priestley que preparou o gás em 1774, provavelmente sem conhecer o trabalho de Scheele; e o francês Lavoisier, que explicou a combustão pelo oxigênio.



História da Ciência

A CABEÇA DE LAVOISIER

Antoine Laurent Lavoisier nasceu em Paris, em 1748, e lá morreu guilhotinado em 1794. Durante seus estudos no Collège des Quatre-Nations, ele estabeleceu contato com cientistas famosos. Ele adorava Matemática e se interessava por todas as Ciências. Provavelmente, o primeiro trabalho científico dele tenha sido uma descrição de exatidão notável de uma aurora boreal. Em 1768, com 24 anos, conseguiu uma vaga de químico-adjunto, tornando-se membro da Academia de Ciências. Logo ele começou a ganhar notoriedade com seus trabalhos contra a teoria dos quatro elementos. No mesmo ano, Lavoisier se tornou membro da Ferme Générale, uma companhia cujos sócios arrendavam do governo o privilégio de coletar os impostos. Eles eram obrigados a entregar ao rei uma quantia fixa estipulada e o excedente correspondia aos lucros dos fiscais. Os membros da Ferme Générale eram suspeitos de corrupção e detestados pelo povo em geral. O Tribunal da Revolução Francesa o sentenciou à morte em razão dessas acusações. O tribunal que o condenou não demorou a reconhecer



▲ DAVID, Jaques-Louis. **Retrato de Antoine-Laurant e Marie-Anne Lavoisier.** 1788. Óleo sobre tela, 256 cm x 195 cm. Marie-Anne teve um papel importante nos trabalhos de pesquisa de Lavoisier.

sua inocência e devolver à sua esposa seus documentos e instrumentos de laboratório, permitindo a publicação de trabalhos ainda inéditos. Sua obra – que trata de procedimentos experimentais, como o uso da balança – foi fundamental para o desenvolvimento da Química, sendo Lavoisier considerado por muitos historiadores o responsável por tornar a Química uma Ciência experimental. Sobre sua morte, comentou o matemático e físico italiano Joseph-Louis Lagrange [1736-1813]: “Foi preciso somente um momento para cortar sua cabeça e, provavelmente, cem anos não serão suficientes para produzir outra como aquela”.