



HAIRA EMANUELA GANDOLFI

**A NATUREZA DA QUÍMICA EM FONTES HISTÓRICAS DO BRASIL
COLONIAL (1748-1855): CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA
EXPLORAÇÃO MINERAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

**CAMPINAS
2015**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Educação

HAIRA EMANUELA GANDOLFI

**A NATUREZA DA QUÍMICA EM FONTES HISTÓRICAS DO BRASIL
COLONIAL (1748-1855): CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA
EXPLORAÇÃO MINERAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciências e Matemática, na área de concentração de Ensino de Ciências e Matemática.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA HAIRA EMANUELA GANDOLFI, E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. SILVIA FERNANDA DE MENDONÇA FIGUEIRÔA

Assinatura do Orientador

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to be the name of the supervisor, Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa.

**CAMPINAS
2015**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação
Rosemary Passos - CRB 8/5751

G152n Gandolfi, Haira Emanuela, 1987-
A natureza da química em fontes históricas do Brasil colonial (1748-1855) : contribuições da história da exploração mineral para o ensino de química / Haira Emanuela Gandolfi. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Sílvia Fernanda de Mendonça Figueirôa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. História da Ciência. 2. Filosofia da Ciência. 3. Ensino de Ciências - Química. 4. Fontes históricas. 5. Mineração - Brasil. I. Figueirôa, Sílvia Fernanda de Mendonça, 1959-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: The nature of chemistry through primary historical sources from colonial Brazil (1748-1855) : contributions from the history of mineral exploitation to the chemistry teaching

Palavras-chave em inglês:

History of Science

Philosophy of Science

Science teaching - Chemistry

Historical sources

Mining - Brazil

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Titulação: Mestra em Ensino de Ciências e Matemática

Banca examinadora:

Sílvia Fernanda de Mendonça Figueirôa [Orientador]

Pedro da Cunha Pinto Neto

Ermelinda Moutinho Patoca

Data de defesa: 23-02-2015

Programa de Pós-Graduação: Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**A NATUREZA DA QUÍMICA EM FONTES HISTÓRICAS DO BRASIL
COLONIAL (1748-1855): CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA
EXPLORAÇÃO MINERAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

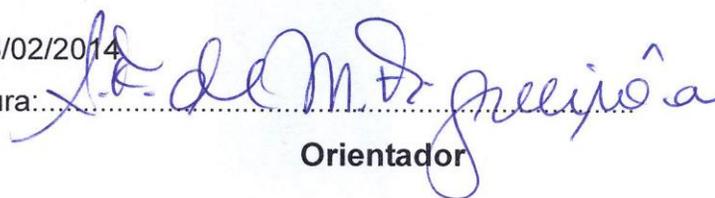
Autora: Haira Emanuela Gandolfi

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação defendida
por Haira Emanuela Gandolfi e aprovada pela Comissão Julgadora

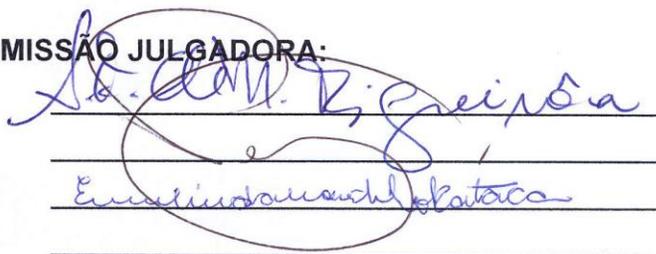
Data: 23/02/2014

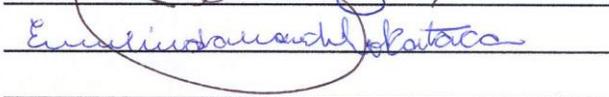
Assinatura:



Orientador

COMISSÃO JULGADORA:





2015

RESUMO

Em virtude do desafio atual de tornar o Ensino de Ciências interessante, abrangente e formador de cidadãos críticos, a presente investigação busca realizar uma reflexão a respeito da inserção da História e da Filosofia da Ciência (HFC) em atividades de Ensino de Química. Pretende-se discutir, a partir do ponto de vista do ensino da Natureza da Ciência (NOS), as potencialidades do estudo da História e da Filosofia da Ciência para o Ensino de Química, essencialmente relevantes para a elucidação de como se dá a gênese e o desenvolvimento dos conhecimentos e das práticas químicas. Com o objetivo de divulgar as possibilidades do trabalho, em sala de aula, com aspectos da Natureza da Química, essa investigação explorou, a partir de uma Pesquisa Histórica, e analisou, dentro do referencial do Ensino de Ciências e da HFC, diferentes fontes históricas primárias, produzidas no contexto da exploração mineral no período colonial brasileiro. Buscou-se apresentar e estimular a leitura, interpretação e análise de textos histórico-científicos, sob a luz da HFC e da NOS, visando um maior contato de professores e estudantes com aspectos e características do mundo científico e das práticas e conhecimentos químicos em um contexto brasileiro, através do estudo de uma das mais importantes atividades de exploração natural desenvolvida ao longo da História do Brasil.

Palavras-chave: História da Ciência, Filosofia da Ciência, Ensino de Ciências - Química, Fontes históricas, Mineração - Brasil

ABSTRACT

Due to the present challenge to transform Science Education into an interesting, comprehensive and capable of forming critical citizens process, this research aims to reflect about the insertion of History and Philosophy of Science (HPS) into Chemistry Teaching activities. The intention here is to discuss, from the teaching of the Nature of Science (NOS) perspective, the potential of History and Philosophy of Science for Chemistry Teaching, as these topics are essentially relevant to the elucidation of the genesis and the development of knowledge and practices related to Chemistry. In order to disseminate the possibilities of classroom practices related to the Nature of Chemistry, this research explored, by undertaking a Historical Research, and analyzed, within the framework of Science Teaching and HPS, several primary historical sources, produced in the context of mineral exploitation during the Brazilian colonial period. The objective here was to introduce and encourage reading, interpretation and analysis of historical-scientific texts, under the light of the HPS and the NOS, looking forward to approximate teachers and students to aspects and features of the scientific world and of chemical practices and knowledge in a Brazilian context, through the study of one of the most important natural exploitation activities developed throughout the Brazilian History.

Keywords: History of Science, Philosophy of Science, Science Teaching - Chemistry, Historical Sources, Mining - Brazil

Índice

Introdução	1
Capítulo I – Reflexões iniciais	15
1. A História e a Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências	15
2. O ensino da Ciência local: possibilidades da História e da Filosofia da Ciência	20
3. A Natureza da Ciência e os Níveis do Conhecimento Químico: possibilidades a partir da História da Química	24
4. Fontes históricas primárias no Ensino de Química: possibilidades e caminhos	35
5. Fontes históricas primárias no ensino: os caminhos de uma pesquisa histórica	43
Capítulo II - Uma breve História da Química	53
1. Os conhecimentos químicos na Antiguidade	54
2. A Alquimia e a origem das técnicas químicas	56
3. Século XVII: da Alquimia à Química	59
4. Século XVIII: o Iluminismo e a conquista de uma identidade química	61
Capítulo III - As Ciências no período colonial brasileiro	65
Capítulo IV – A exploração mineral no Brasil colonial: leituras sobre o conhecimento químico	77
1. As atividades de exploração mineral na História	79
2. O conhecimento químico e a mineração: os minerais, suas propriedades e	

exploração	90
<i>2.1. O conhecimento químico nas atividades de Mineração do Brasil colonial</i>	93
3. O conhecimento químico e as nitreiras: breves conceitos	103
<i>3.1. O conhecimento químico na exploração das nitreiras no Brasil colonial</i>	105
Capítulo V – A Mineração no Brasil colonial: potencialidades para o Ensino de Química	117
1. As atividades de Mineração do Brasil colonial no Ensino de Química	120
<i>1.1. Os minerais e sua formação natural</i>	121
<i>1.2. Extração e obtenção dos minerais</i>	131
<i>1.3. Minerais, suas propriedades e aplicações</i>	142
Capítulo VI – As Nitreiras no Brasil colonial: potencialidades para o Ensino de Química	151
1. A exploração das Nitreiras do Brasil colonial no Ensino de Química	151
<i>1.1. Prospecção e produção do salitre</i>	152
<i>1.2. Purificação e aplicações do salitre</i>	168
Capítulo VII – Conclusões	181
BIBLIOGRAFIA	193
Fontes históricas manuscritas e impressas	193
Referências Bibliográficas	195
Apêndices	215

Agradecimentos

Esse trabalho é fruto de uma grande reflexão e muitos foram aqueles que contribuíram para que pudesse ser desenvolvido. Agradeço então, inicialmente, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), instituição que financiou essa pesquisa.

Agradeço também a minha estimada orientadora, Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa, que me acolheu de braços abertos como Aluna Especial na Pós-Graduação da UNICAMP, quando eu tentava encontrar um sentido maior para tudo que havia aprendido na Graduação em Química. Agradeço-lhe ainda mais por abraçar meu projeto na área de História e Filosofia da Ciência quando retornei definitivamente à academia para realizar esse Mestrado e, principalmente, pelas discussões e orientações, sempre cirúrgicas e bem-humoradas.

A todos os docentes do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM), que muito me guiaram por esse caminho. Muito obrigado também aos professores Maurício Compiani, Pedro da Cunha Pinto Neto e Ermelinda Moutinho Pataca, que realizaram uma leitura profunda e apresentaram interessantes apontamentos em minha banca de qualificação. Aos professores Carlos Alberto Lombardi Filgueiras e Nadja Paraense dos Santos, agradeço a ajuda e atenção com algumas fontes históricas, principalmente relacionadas ao João Manso Pereira e ao Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro. À professora Adriana Vitorino Rossi, por todo o companheirismo ao longo de minha Graduação em Química na UNICAMP e, principalmente, por me introduzir ao mundo do Ensino de Ciências.

Devo agradecer também aos meus colegas professores da Escola Técnica Conselheiro Antônio Prado (ETECAP), que por mais de três anos comigo me ajudaram a desvendar esse universo do Ensino de Ciências. Agradeço especialmente meus Coordenadores e a Direção da ETECAP, que compreenderam gentilmente minhas ausências para idas a congressos, eventos acadêmicos e minhas reduções de carga horária, bem como a todos os meus alunos, atuais e de outrora, que, com seu entusiasmo e interesse pela Química, estimularam-me a buscar melhorar sempre.

Saúdo também aos meus mais que queridos amigos Alex, Lucas, Ricardo, Pasti

e todos os outros que, ao longo de minha vida escolar e acadêmica, vem sendo os melhores e mais estimulantes companheiros que alguém poderia sonhar. Agradeço ainda ao Pedro, amigo de décadas, por compreender minhas ausências repentinas e minhas duras opiniões, e ao meu eterno “bixo” Tiago, por tornar meu caminho ao longo da Graduação e da vida de professor menos solitário.

A minha mãe e ao meu pai, pelo apoio e pela compreensão nos momentos em que optei por me isolar para desenvolver esse trabalho, por me apresentar ao meu tão estimado universo escolar e pelo estímulo contínuo aos estudos, parte sempre importante de nossa vida familiar. E ao meu querido irmão Mateus, pela paciência e pelos momentos de diversão ao longo de nossa vida.

Finalmente, devo agradecer à imensa contribuição de meu melhor amigo e companheiro, há mais de dez anos, Noia, sem o qual esse trabalho e grande parte de meu entusiasmo pela pesquisa não existiriam: pelos incentivos nos momentos difíceis, pelas discussões sobre temas relevantes as nossas pesquisas, pelas revisões e traduções de meus textos, pelo companheirismo e carinho em todas as horas, muito obrigada.

Lista de Figuras

Figura 1: Níveis do conhecimento químico (tripleto químico) e suas inter-relações	32
Figura 2: Exemplo de abordagem envolvendo os três níveis do conhecimento químico	33
Figura 3: Multidimensionalidade do conhecimento químico	35
Figura 4: Símbolos alquímicos, de inspiração planetária, para alguns metais (cerca de 500 a.C.)	57
Figura 5: Ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio	164

Lista de Tabelas

Tabela 1. Propostas de Ensino de Química a partir da História e da Filosofia da Ciência em periódicos	3
Tabela 2. Propostas de Ensino de Química a partir da História e da Filosofia da Ciência em teses e dissertações nacionais	8
Tabela 3. Termos atribuídos aos três níveis de representação do conhecimento químico	31
Tabela 4. Dados de acesso às fontes históricas primárias consultadas	48
Tabela 5. Alguns exemplos de metais mineralizados	91
Tabela 6. Propriedades dos minerais de acordo com sua ligação química predominante	92

Introdução

O crescente foco nos estudos sobre o Ensino de Ciências tem trazido à tona inúmeras experiências e conhecimentos sobre aulas de diferentes disciplinas no nível Básico. Segundo tendências curriculares atuais, espera-se que o Ensino de Ciências possibilite a formação de cidadãos atuantes e conscientes da sociedade que os cerca, dotados de habilidades que lhes permitam a análise crítica do ambiente e da tecnologia, envolvidos em um processo de empoderamento científico e social, associado à ideia de letramento científico (HODSON, 1992; 2008; LOPES; MACEDO, 2011). Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, base das atuais políticas curriculares brasileiras, este nível de ensino tem como finalidades:

[...] o aprimoramento do educando como ser humano, sua formação ética, desenvolvimento de sua autonomia intelectual e de seu pensamento crítico, sua preparação para o mundo do trabalho e o desenvolvimento de competências para continuar seu aprendizado. (BRASIL, 2006, p. 7)

Contudo, durante muitos anos, em especial a partir da década de 1990, pesquisas demonstraram uma grande dissociação entre os objetivos desejados para o Ensino Médio contemporâneo e o ensino disciplinar de Ciências efetivamente realizado na prática das salas de aula, onde são privilegiados processos de memorização, repetição e resolução padronizada de exercícios (SCHNETZLER; ARAGÃO, 1995; CAMPOS; CACHAPUZ, 1997; MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000; GOODAY et al., 2008; CHINELLI et al., 2010). Essa maneira de se ensinar Ciências, muito vinculada às noções de conhecimento instrumental e acadêmico e do eficientismo social (LOPES; MACEDO, 2011), traz grandes prejuízos à desejada formação de cidadãos críticos, tais como o estímulo a uma visão distorcida da realidade científica e tecnológica em nossa sociedade. Hodson (1985) citou, há quase trinta anos, alguns dos possíveis pré-conceitos equivocados a respeito da Ciência adquiridos por essa via de

formação, que busca apenas a assimilação e a reprodução de conceitos instrumentais e acadêmicos:

(A Ciência daria) [...] acesso a verdades factuais a respeito do mundo observado; o conhecimento científico é derivado diretamente da observação de um fenômeno; sua racionalidade testa suas proposições a partir de experimentos objetivos e confiáveis; é uma atividade neutra, desligada de fatores sócio-históricos e econômicos, produzindo conhecimento livre de valores. (HODSON, 1985, p. 27)

Espera-se, então, que o Ensino de Ciências traga às aulas uma elucidação de como seus conceitos, especificidades e características podem se relacionar com o cotidiano e com o contexto social dos alunos, deixando de ser apenas um ensino de técnicas relacionadas à resolução de exercícios. Ademais, almeja-se que os estudantes sejam formados de maneira que possam colocar-se criticamente frente às questões éticas e às interações das pesquisas científicas com a sua realidade e a sociedade como um todo.

Nesta perspectiva, como uma alternativa de abordagem das Ciências em sala de aula, surgiram, nos últimos anos, propostas de ensino que prestam especial atenção aos processos envolvidos na produção do conhecimento científico e ao funcionamento da sociedade tecnológica, ou seja, que são pautadas na consideração de aspectos da Natureza da Ciência. Lôbo (2007) justifica esta preocupação ao explicar que “a ênfase sobre os produtos da Ciência, em detrimento de seus processos de produção, provoca uma série de desdobramentos indesejáveis na pedagogia dessa Ciência, criando obstáculos à sua compreensão” (LÔBO, 2007, p. 92).

Como abordagem mais condizente e menos estereotipada dos aspectos da Natureza da Ciência (NOS¹) e do conhecimento científico, há décadas, variados autores defendem a introdução da História e da Filosofia da Ciência (HFC) nas salas de aula. Segundo Alice Lopes (1993), a historicização no Ensino de Ciências torna-se relevante, essencialmente, por trazer à tona os problemas científicos e os embates

¹ Sigla oriunda do termo em inglês ‘Nature of Science’.

entre ideias, apresentados, quando muito, de maneira apenas ilustrativa nos livros didáticos.

Sobre a inserção da História e da Filosofia da Ciência em sala de aula, Schnetzler (2002), em seu estudo sobre o estado da arte da pesquisa em Ensino de Química no Brasil após 25 anos de vida da atual Sociedade Brasileira de Química (SBQ), faz um interessante levantamento a respeito dos artigos publicados em âmbito nacional sobre o tema ‘História e Filosofia da Ciência aplicadas ao Ensino de Química’: apenas dois artigos haviam sido publicados na revista *Química Nova* da SBQ até o ano de 2001. Para a elaboração do presente trabalho, ao efetuar busca semelhante correspondente ao período compreendido entre 1993 e 2013, encontrei dados mais atualizados a respeito da inserção da HFC no Ensino de Química. Na análise de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais qualificados nos estratos superiores da área de Ensino de Ciências (estratos A1 a B2 na classificação do Qualis/CAPES²), foram encontrados 44 trabalhos (21 em língua portuguesa, 19 em língua inglesa e 04 em língua espanhola) que apresentam sugestões e propostas para o Ensino de Química a partir da História e/ou da Filosofia da Ciência (vide tabela 1, a seguir). Já após o exame dos resumos de teses e dissertações defendidas no Brasil e disponíveis no Banco de Teses da Capes³, 22 sugestões foram analisadas (vide tabela 2, a seguir), destacando-se que algumas delas eram relacionadas diretamente a algumas das 44 publicações também encontradas nos periódicos.

Tabela 1. Propostas de Ensino de Química a partir da História e da Filosofia da Ciência em periódicos

Revista	Título do trabalho publicado	Descrição da proposta	Autores
Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 21, nº2, 2004	Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio	Proposta de análise histórica da 1ª fase do eletromagnetismo (século XIX) como ferramenta de ensino interdisciplinar entre Artes, História, Filosofia, Literatura, Física e Química	Andreia Guerra, José Claudio Reis e Marco Braga
Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29,	Pilha voltaica: entre rãs, acasos e necessidades	Proposta de trabalho interdisciplinar entre Física	Marcelo Gomes Germano, Isabelle Priscila Carneiro de

² Disponível no endereço: <<http://qualis.capes.gov.br/webqualis/principal.seam>>

³ Disponível no endereço: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/>>

nº1, 2012		e Química, a partir da reprodução de experimentos históricos usados no desenvolvimento dos conceitos de eletroquímica e pilhas	Lima e Ana Paula Bispo da Silva
Ciência e Educação (UNESP), v. 10, nº1, 2004	A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem	Uso de episódios da História da Química para o trabalho com o conceito de mol, visando sanar as dificuldades de compreensão dos conceitos de quantidade de matéria e de mol pelos estudantes de Química	James Rogado
Ciência e Educação (UNESP), v. 10, nº3, 2004	História da Ciência, interdisciplinaridade e ensino de física: o problema do demônio de Maxwell	Proposta de articulação, em cursos de nível Superior, entre as disciplinas de Física, Química, Biologia e Computação, a partir do trabalho com a termodinâmica de gases e entropia	Cristiano Mattos e Amélia Império Hamburger
Ciência e Educação (UNESP), v. 14, nº1, 2008	O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência	Uso de materiais didáticos com conteúdos em História e Filosofia da Ciência, cujo tema central contempla as controvérsias envolvendo atomistas e anti-atomistas relativas à aceitação do atomismo no século XIX	Maria da Conceição Marinho Oki e Edílson Fortuna de Moradillo
Cultural Studies of Science Education, v. 7, nº3, 2012	Using a multicultural approach to teach chemistry and the nature of science to undergraduate non-majors	Descrição de um curso oferecido no nível Superior visando o ensino de química sob uma perspectiva histórica, social e cultural das ciências	Peter Goff, Sarah B. Boesdorfer e William Hunter
Educación Química, v. 24, nº2, 2013	De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza. Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno	Proposta de trabalho com formação de professores de Química a partir da discussão da formulação histórica da estrutura do benzeno	María Gabriela Lorenzo e Andrea Soledad Farré
Enseñanza de las Ciencias, v. 14, nº3, 1996	El principio de Le Chatelier a través de la historia y su formulación didáctica en la enseñanza del equilibrio químico	Proposta de ensino do princípio de Le Chatelier a partir do desenvolvimento histórico dos conceitos envolvidos no estudo do equilíbrio químico	J. Quílez Pardo e V. Sanjosé López
Enseñanza de las Ciencias, v. 21, nº1, 2003	La historia de la ciencia en los libros de texto: la(s) hipótesis de Avogadro	Proposta de ensino sobre os trabalhos de Avogadro e as teorias atômicas do século XIX a partir de uma análise de documentos históricos deste cientista	Rosa Muñoz Bello e José Ramón Bertomeu Sánchez
Enseñanza de las Ciencias, v. 28, nº3, 2010	El desarrollo histórico del conocimiento sobre las disoluciones y su relación con la Teoría Cinético-Molecular. Implicaciones didácticas	Proposta de ensino de conceitos da teoria da cinética química a partir do desenvolvimento histórico deste conceito	Ángel Blanco López, Lucía Ruiz e Teresa Prieto
International Journal of	History and philosophy of	Proposta de ensino sobre	Rosaria Justí e John Gilbert

Science Education, v. 22, nº9, 2000	science through models: some challenges in the case of 'the atom'	modelos científicos usando a evolução histórica dos modelos atômicos após análise de livros didáticos	
International Journal of Science Education, v. 23, nº6, 2001	A rational reconstruction of the origin of the covalent bond and its implications for general chemistry textbooks	Proposta de ensino da ligação covalente a partir dos trabalhos históricos de Lewis e Pauling	Mansoor Niaz
International Journal of Science Education, v. 24, nº5, 2002	Using the history of science to promote students' problem-solving ability	Proposta de ensino de Química por resolução de problemas, através do uso de materiais históricos incluindo descrição de experimentos, debates e discussões das ideias de cientistas	Huann-Shyang Lin, Jui-Ying Hung e Su-Chu Hung
Journal of Chemical Education, v. 75, nº10, 1998	Using History To Teach Scientific Method: The Case of Argon	Proposta de ensino sobre a metodologia dos cientistas a partir da análise dos trabalhos históricos desenvolvidos no entendimento do gás argônio	Carmen J. Giunta
Journal of Chemical Education, v. 82, nº10, 2005	Napoleon's Buttons: Teaching the Role of Chemistry in History	Proposta de uso do desenvolvimento e importância histórica de algumas moléculas orgânicas narradas no livro "Os botões de Napoleão"	Cindy Samet e Pamela J. Higgins
Journal of Chemical Education, v. 88, nº2, 2011	Spicing Things Up by Adding Color and Relieving Pain: The Use of Napoleon's Buttons in Organic Chemistry	Proposta de uso do desenvolvimento e importância histórica de algumas moléculas orgânicas narradas no livro "Os botões de Napoleão"	Kevin M. Bucholtz
Journal of Chemical Education, v. 88, nº2, 2011	What Can the Bohr-Sommerfeld Model Show Students of Chemistry in the 21st Century?	Proposta de ensino de modelo atômico a partir dos trabalhos históricos de Bohr e Sommerfeld	Mansoor Niaz e Liberato Cardellini
Journal of Chemical Education, v. 88, nº6, 2011	A Postage Stamp Honoring Marie Curie: An Opportunity To Connect Chemistry and History	Proposta, no contexto do ano Internacional da Química, de trabalho com a história de Marie Curie e da radioatividade	Gabriel Pinto
Journal of Chemical Education, v. 89, nº1, 2012	History and Epistemology of Science in the Classroom: The Synthesis of Quinine as a Proposal	Proposta de abordagem do contexto histórico e social existente durante o desenvolvimento da técnica de síntese do quinino em um curso de formação de professores	Karina Ap. F. D. Souza e Paulo A. Porto
Journal of Chemical Education, v. 90, nº2, 2013	What's Copenhagen Got To Do With Chemistry Class? Using a Play to Teach the History and Practice of Science	Encenação da peça Copenhagen para trabalho com desenvolvimento da química nuclear que levou à criação da bomba atômica	Nancy K. Spillane
Journal of Chemical Education, v. 90, nº2, 2013	Chemistry of Pompeii and Herculaneum - A Case Study Course in Chemistry at the Interface of Ancient Technology and	Proposta de um curso de nível Superior para o trabalho com conceitos de Química existentes na ciência e na tecnologia do	Eleonora Del Federico, Cindie Kehlet, Hiba Schahbaz e Barbara Charton

	Archeological Conservation	período romano	
Química Nova na Escola, nº 11, 2000	Augusto dos Anjos: ciência e poesia	Proposta de ensino de Química aliada aos textos do poeta Augusto dos Anjos em uma perspectiva histórica	Paulo Alves Porto
Química Nova na Escola, nº 16, 2002	O conceito de elemento: da Antigüidade à Modernidade	Proposta de ensino de Química a partir da evolução histórica do conceito de elemento químico	Maria da Conceição Marinho Oki
Química Nova na Escola, nº 21, 2005	Rotação da luz polarizada: Uma abordagem histórica com proposta de trabalho em sala de aula	Proposta de ensino da propriedade de rotação da luz polarizada a partir dos trabalhos de Louis Pasteur e de uma aula experimental	Olga Bagatin, Fernanda Ibanez Simplicio, Silvana Maria de Oliveira Santin e Ourides Santin Filho
Química Nova na Escola, nº 25, 2007	Uma festa no céu – Peça em um ato focalizando o desenvolvimento da Química a partir do século XVIII	Proposta de peça teatral sobre a evolução dos trabalhos com o conceito de gases (personagens: Black, Scheele, Priestley, Cavendish, Lavoisier, Dalton, Bohr, etc.)	Nidia Franca Roque
Química Nova na Escola, nº 30, 2008	Michael Faraday e A História Química de Uma Vela: Um Estudo de Caso Sobre a Didática da Ciência	Proposta de diferentes estratégias didáticas a partir dos trabalhos de Michael Faraday sobre a história química de uma vela	José Otavio Baldinato e Paulo Alves Porto
Química Nova na Escola, nº 7, 1998	A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas?	Uso de História da Química no diálogo com alunos do Ensino Médio sobre a afinidade química entre as substâncias	Rosária da Silva Justi
Química Nova na Escola, v. 31, nº3, 2009	Representação de Temas Científicos em Pintura do Século XVIII: Um Estudo Interdisciplinar entre Química, História e Arte	Proposta de ensino da evolução do conceito de gases desenvolvido pelos químicos pneumáticos, a partir de uma pintura do século XVIII	Ana Paula Gorri e Ourides Santin Filho
Química Nova na Escola, v. 32, nº1, 2010	A História e a Arte Cênica como Recursos Pedagógicos para o Ensino de Química - Uma Questão Interdisciplinar	Trabalho com encenação do cotidiano e trabalho de personagens históricos importantes no desenvolvimento da Química	Marilde Beatriz Zorzi Sá, Eliane Maria Vicentin e Elisa de Carvalho
Química Nova na Escola, v. 32, nº2, 2010	Cana de Mel, Sabor de Fel – Capitania de Pernambuco: Uma Intervenção Pedagógica com Caráter Multi e Interdisciplinar	Proposta de ensino interdisciplinar dos conceitos de fermentação alcoólica e destilação a partir da História da exploração do açúcar no Brasil	Ricardo Oliveira Silva
Química Nova na Escola, v. 32, nº2, 2010	A História sob o Olhar da Química: As Especiarias e sua Importância na Alimentação Humana	Proposta de ensino de conceitos de química orgânica a partir da história das especiarias e da alimentação	Ronaldo da Silva Rodrigues e Roberto Ribeiro da Silva
Química Nova na Escola, v. 34, nº3, 2012	A Atividade de Penhor e a Química	Proposta de trabalho com a origem histórica do conceito de dinheiro e o uso de metais em sua confecção	Raquel Mari Morioka e Roberto Ribeiro da Silva
Química Nova na	A Utilização de Vídeos	Proposta de trabalho com a	José Luiz da Silva, Débora

Escola, v. 34, nº4, 2012	Didáticos nas Aulas de Química do Ensino Médio para Abordagem Histórica e Contextualizada do Tema Vidros	evolução histórica da produção dos vidros com o uso de vídeos didáticos	Antonio da Silva, Cleber Martini, Diane Cristina Araújo Domingos, Priscila Gonçalves Leal, Edemar Benedetti Filho e Antonio Rogério Fiorucci
Química Nova na Escola, v. 35, nº1, 2013	A Cana-de-Açúcar no Brasil sob um Olhar Químico e Histórico: Uma Abordagem Interdisciplinar	Proposta de ensino interdisciplinar dos conceitos de fermentação alcoólica e destilação a partir da História da exploração do açúcar no Brasil	Mara Elisa Fortes Braibante, Maurícius Selvero Pazinato, Thaís Rios da Rocha, Leandro da Silva Friedrich e Flávio Correia Nardy
Química Nova, v. 25, nº4, 2002	História da Química e da Geologia: Joseph Black e James Hutton como referências para educação em ciências	Proposta de trabalho interdisciplinar entre Química e Geologia a partir do desenvolvimento histórico da lei de conservação das massas e da mineralogia	Natalina Aparecida L. Sicca e Pedro Wagner Gonçalves
Research in Science & Technological Education, v. 19, nº2, 2001	The History of Chemistry. The Case of the Supposed Isomerism of the Hydrocarbon Ethane in the Construction of Knowledge: Implications for chemical education	Proposta de trabalho com a história da controvérsia sobre a isomeria do etano para o trabalho em nível Superior com estudantes de Química	Roger T. Cross e Ronald F. Price
Research in Science Education, v. 28, nº2, 1998	Relating students' reasoning to the history of science: The case of chemical equilibrium	Análise do pensamento dos estudantes sobre o conceito de equilíbrio químico e do desenvolvimento histórico deste conceito, visando uma abordagem histórica em seu ensino	Jan H. Van Driel, Wobbe De Vos e Nico Verloop
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, nº3, 2001	História da Química e sua apropriação pelo currículo escrito – a noção de valência nos livros didáticos de química	Análise do trabalho com o tema “valência química” em livros didáticos e proposta de ensino a partir da articulação deste tema com o seu desenvolvimento histórico	Waldmir Nascimento de Araujo Neto e Joana Mara Teixeira Santos
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 10, nº2, 2010	Aprendizagem de um grupo de futuros professores de Química na elaboração de conteúdos pedagógicos digitais no contexto da obrigatoriedade do ensino da Cultura e História Afro-Brasileira e Africana estabelecida pela Lei Federal 10.693/03	Proposta de trabalho com estudantes de Licenciatura em Química sobre o ensino de Química a partir de temas relacionados à História e Cultura Afro-Brasileira e Africana	Juliano Soares Pinheiro e Rejane Maria Ghisolfi da Silva
Science & Education (Dordrecht), v. 18, nº6-7, 2009	Science and Worldviews in the Classroom: Joseph Priestley and Photosynthesis	Proposta de ensino de gases e fotossíntese a partir dos trabalhos de Joseph Priestley com pneumática, ar e fotossíntese	Michael R. Matthews
Science & Education (Dordrecht), v. 18, nº9, 2009	From Chemical Forces to Chemical Rates: A Historical/Philosophical Foundation for the Teaching of Chemical Equilibrium	Proposta de ensino do princípio de equilíbrio químico a partir do desenvolvimento histórico dos conceitos de afinidade química e reatividade	Juan Quílez

Science & Education (Dordrecht), v. 19, nº1, 2010	The Development of Dalton's Atomic Theory as a Case Study in the History of Science: Reflections for Educators in Chemistry	Proposta de ensino dos modelos atômicos a partir da análise histórica dos trabalhos de John Dalton	Hélio Elael Bonini Viana e Paulo Alves Porto
Science & Education (Dordrecht), v. 20, nº3-4, 2011	How Historical Experiments Can Improve Scientific Knowledge and Science Education: The Cases of Boiling Water and Electrochemistry	Proposta de aula experimental através da reprodução de dois históricos experimentos: um eletroquímico e outro sobre ponto de ebulição	Hasok Chang
Science & Education (Dordrecht), v. 21, nº2, 2012	Reconstructing Iconic Experiments in Electrochemistry: Experiences from a History of Science Course	Proposta de aula experimental de eletroquímica através da reprodução do histórico experimento de decomposição da água	Per-Odd Eggen, Lise Kvittingen, Annette Lykknes e Roland Wittje

Tabela 2. Propostas de Ensino de Química a partir da História e da Filosofia da Ciência em teses e dissertações nacionais

Título da Dissertação/Tese defendida	Descrição da Proposta	Autor	Ano
Contribuições ao ensino da tabela periódica (Mestrado)	Proposta de ensino da tabela periódica a partir de seu desenvolvimento histórico.	Irene Cristina de Mello	1996
Combustão, Flogístico e Oxigenação: História e Mudança Conceitual em Alunos do Ensino Médio (Mestrado)	Proposta de ensino da combustão e da oxidação a partir da leitura de textos históricos de Stahl e Lavoisier.	Nelson Avila Simão	2003
Relações históricas de precedência com orientações para o ensino médio de química: a noção clássica de valência e o livro didático de química (Mestrado)	Proposta de ensino do conceito de valência, dentro do tema ligações químicas, a partir de seu desenvolvimento histórico e avaliação desta abordagem em livros didáticos de Química.	Waldmir Nascimento de Araujo Neto	2003
O conceito de fermentação alcoólica através da história (Mestrado)	Proposta de trabalho com o desenvolvimento histórico do conceito de fermentação alcoólica e investigação de sua interpretação por professores de nível Básico e Superior	Carlos Alfredo Franco Cardoso	2004
As idéias científicas de John Dalton e sua influência nos trabalhos de Gay-Lussac, Avogadro e Cannizzaro (Mestrado)	Proposta de ensino de Química, especialmente no nível Superior, a partir dos trabalhos históricos de John Dalton sobre gases e atomística e de sua influência nas atividades científicas da época.	Reinaldo Alberto Ricchi Junior	2004
Uma proposta alternativa para o ensino de química usando a pintura como contexto (Mestrado)	Proposta de ensino de Química e Artes para alunos do nível Básico e para professores de Química, a partir de um olhar histórico do desenvolvimento dos materiais empregados na arte, como carvão, tintas, mármore, etc.	Maria Clara Maia Ceolin	2005
As investigações de Ernest Rutherford sobre a estrutura da matéria: contribuições para o ensino de química (Mestrado)	O trabalho propõe o resgate das pesquisas e descobertas de Rutherford sobre os desvios causados pelas partículas alfa ao atravessarem a matéria, a partir da leitura dos originais de Rutherford e de outros cientistas que corroboraram com seus estudos.	Deividi Marcio Marques	2006
A grandeza "quantidade de matéria" e sua unidade "mol": uma proposta de abordagem histórica no processo de	Proposta de ensino da grandeza "quantidade de matéria" e do "mol" a partir do desenvolvimento destes conceitos ao longo da História.	Maria Aparecida do Carmo Padulla Soares	2006

ensino (Mestrado)			
A história da química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de química da UFBA (Doutorado)	Proposta de ensino da grandeza “quantidade de matéria” e do “mol” a partir do desenvolvimento destes conceitos ao longo da História em curso de nível Superior de História da Química.	Maria da Conceição Marinho Oki	2006
A História da Borracha na Amazônia e a Química Orgânica: Produção de um vídeo didático-educativo para o Ensino Médio (Profissionalizante)	Proposta de ensino interdisciplinar de Química Orgânica a partir da História da exploração da borracha na Amazônia e de suas relações com a Geografia, a Biologia e a Sociologia.	Péterson Gustavo Paim	2006
A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso: e algumas reflexões para o ensino de química (Mestrado)	Proposta de ensino do modelo atômico de Dalton a partir de estudo histórico de seus trabalhos.	Hélio Elael Bonini Viana	2007
A História da Ciência e a Experimentação no Ensino de Química Orgânica (Profissionalizante)	Proposta de ensino de Química Orgânica a partir do tema “corantes”, dentro de uma perspectiva histórica aliada à experimentação.	Cláudio Luiz Nóbrega Pereira	2008
Contexto histórico e reflexões didáticas do processo de ensino/aprendizagem do conceito de equilíbrio químico (Mestrado)	Proposta de ensino do conceito de equilíbrio a partir da análise de seu desenvolvimento histórico.	José Carlos Verzoto	2008
A radioatividade como tema em uma perspectiva ciência-tecnologia-sociedade com foco em história e filosofia da ciência (Mestrado Profissionalizante)	Proposta de ensino do tema radioatividade através de uma abordagem de seu desenvolvimento histórico, aliado a contextos tecnológicos, geográficos e sociais.	Luciana da Cruz Machado da Silva	2009
A História da Ciência e a Experimentação na constituição do conhecimento escolar: a Química e as especiarias (Profissionalizante)	Proposta de ensino do conceito de funções orgânicas a partir da história das especiarias e da alimentação.	Ronaldo da Silva Rodrigues	2009
Um diálogo entre a História da Química e livros didáticos, numa perspectiva Bachelardiana: o caso dos modelos atômicos (Mestrado)	Proposta de ensino de modelos atômicos a partir de seu potencial histórico apresentado pelos livros didáticos de Química, buscando um melhor aproveitando destas informações disponíveis aos professores.	Antheogenes Menezes da Silva	2010
A aplicação do Ensino de História da Ciência em uma aprendizagem significativa da disciplina Química (Profissionalizante)	Proposta de ensino do conceito de Leis Ponderais sob uma perspectiva histórica e com uma análise da presença desta abordagem em livros didáticos.	Celso Luiz Soares dos Santos Sobrinho	2010
Um estudo do contexto histórico das contribuições de Mendeleev para construção da tabela periódica em livros didáticos de Química para o Ensino Médio e inserção deste contexto em sala de aula (Mestrado)	Proposta de ensino do conceito de tabela periódica sob uma perspectiva histórica e com uma análise da presença desta abordagem em livros didáticos.	Clarissa de Mattos Mehlecke	2010
Ligação metálica: uma proposta de material didático	Proposta de ensino dos conceitos de metais e ligações metálicas a partir de uma abordagem sócio-histórica e	Elizangela Pariz	2011

de apoio ao professor em sala de aula (Profissionalizante)	tecnológica.		
História na Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química (Mestrado)	Proposta de ensino de modelos atômicos a partir de seu potencial histórico e avaliação desta abordagem em livros didáticos de Química.	Lígia Maria Martinho Pereira Chaves	2011
Modelo científico explicativo da molécula do benzeno material didático estruturado na História da Ciência (Profissionalizante)	Proposta de ensino sobre a estrutura da molécula de benzeno a partir da elaboração de um material didático com abordagem histórica.	Maria Ester Centurião Benites Garcia	2012
A transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema (Doutorado)	Descrição de um curso de formação continuada de professores realizado com o objetivo de se desenvolver uma abordagem didática de caráter histórico sobre o conceito de cinética química.	Simone Alves de Assis Martorano	2012

Nota-se, portanto, em relação ao trabalho seminal de 2002, um crescimento na relevância que a História e a Filosofia da Ciência vêm adquirindo nos trabalhos voltados à área de Ensino de Química, principalmente a partir da década de 2000. Todavia, é importante salientar que este número, embora crescente, ainda é pequeno quando pensamos que a análise atual foi realizada a partir de um extenso banco de teses e dissertações e em 17 periódicos diferentes, totalizando um período de 20 anos de publicações. Ademais, chama a atenção que a escolha dos temas a serem associados à HFC ainda é muito restrita e pouco variada, principalmente em língua portuguesa, com grande destaque a algumas poucas e específicas áreas e conteúdos, como Atomismo (totalizando 9 trabalhos na tabela 1), Moléculas Orgânicas (total de 7 trabalhos, também na tabela 1) e Gases (6 trabalhos publicados nos periódicos analisados).

É inegável que a área de História e Filosofia da Ciência, em geral, vem ganhando força e desenvolvendo inúmeros e importantes trabalhos ao longo dos últimos anos, principalmente a partir da década de 1970, inclusive no contexto brasileiro e na área da Química, como apontado por Silveira (2008). Contudo, o problema aqui destacado é a pouca quantidade, variedade de temas e abrangência de produções que estabelecem relações práticas, com reflexões e sugestões de trabalho, entre essas pesquisas em HFC e seu já debatido e demonstrado potencial no Ensino de Ciências. Silveira (2008), ao investigar a presença desse tema em periódicos brasileiros da área de Química (a saber, 'Química Nova' e 'Química Nova na Escola'), aponta para a pouca referência que a maioria dos trabalhos publicados na área de HFC fazem a questões

metodológicas relevantes para seu emprego como fonte de conhecimentos na formação de professores. O autor destaca ainda que estes textos buscam relacionar-se de forma mais implícita aos processos de escolarização, sem, entretanto, aludir concretamente para os possíveis caminhos que podem ser seguidos neste sentido; ou seja, novos conhecimentos e informações vêm surgindo e sendo difundidos pelos estudos de HFC sem, contudo, uma associação clara e objetiva à divulgação científica e à Ciência escolar.

Ainda neste contexto, Fernández e um grupo de pesquisadores (2010) realizaram uma investigação com alunos de Licenciatura em Química, em que buscavam avaliar se estes conseguiriam realizar inserções da História da Química em aulas sobre determinados conteúdos. Como resultado, notaram que, apesar do reconhecimento destes estudantes da importância do tema, eles não dispunham de ferramentas que possibilitassem o trabalho nesta área:

A pesar del alto reconocimiento de la riqueza didáctica de la historia de la ciencia, los estudiantes tienen pocos recursos para generar nuevas propuestas, ya sea por deficiencias en su formación o por la escasez de materiales y fuentes de referencia de corte no tradicional. (FERNÁNDEZ et al., 2010, p. 289)

O presente trabalho, ao se identificar com as abordagens histórico-filosóficas nas aulas de Ciências e buscando contribuir para uma maior valorização e produção de propostas de ensino nesta área, tem como objetivo apresentar resultados de uma investigação histórica aliada a reflexões sobre as possibilidades para um ensino de Química a partir da História e da Filosofia da Ciência Brasileira colonial. Essa investigação foi guiada pelo interesse em responder, essencialmente, à seguinte questão de pesquisa: qual a contribuição das fontes históricas primárias relacionadas à exploração mineral colonial brasileira para a compreensão histórica, social e contextualizada, em aulas de nível Médio, de aspectos da Natureza da Química, de sua História e de seus saberes?

Neste sentido, espera-se contribuir não apenas com a divulgação de novas

ideias e propostas de trabalho com HFC para professores de Química, mas também com o fomento de atividades a serem aplicadas em cursos de formação destes mesmos professores que atuarão em salas de aula de nível Médio, de forma a contribuir para a construção de diferentes reflexões e práticas no Ensino de Química. Assim, salienta-se a potencialidade utilização das atividades aqui propostas tanto diretamente em aulas do Ensino Básico, por parte de professores já em exercício, quanto nas Licenciaturas da área de Ciências, visando à reflexão sobre a História e a Natureza da Química já durante nossa formação profissional como docentes.

Buscando responder a questão de pesquisa aqui proposta, uma investigação histórica e reflexiva, dentro do referencial da História, Filosofia e Natureza da Ciência aplicadas ao Ensino, foi realizada através da busca, seleção e análise de diferentes textos produzidos por cientistas⁴ e pesquisadores⁵ do período colonial brasileiro (especialmente entre os séculos XVIII e XIX), envolvidos em uma importante área da Ciência e da Tecnologia nacionais: a exploração mineral. Destacam-se, portanto, como objetivos centrais deste trabalho:

- Estímulo à reflexão sobre a História e a Filosofia da Ciência, especialmente do Brasil, em um contexto escolar, bem como à leitura de fontes históricas primárias por parte de professores e de seus alunos;
- Busca, a partir de fontes históricas primárias, por práticas e conhecimentos químicos aplicados e desenvolvidos ao longo da História da exploração mineral do período colonial brasileiro;
- Divulgação destes conhecimentos e de suas potencialidades para o ensino de Química, com especial atenção à presença de aspectos da Natureza da Química e de seus diversos níveis de conhecimento nestes textos históricos;

⁴ O termo “cientista” será empregado aqui para facilitar a leitura geral de diferentes públicos, inclusive daqueles não familiarizados com aspectos historiográficos da Ciência. Contudo, é importante salientar que a palavra “cientista” ainda não era usada neste momento histórico [foi cunhada apenas em 1833, por William Whewell (1794-1866)], sendo mais comum à época o termo “filósofo natural”.

⁵ Da mesma forma, a palavra “pesquisador” será empregada aqui de modo a simplificar as narrativas e discussões históricas, destacando-se, todavia que, no período a ser aqui estudado, ela também não era utilizada, sendo mais comuns as expressões “técnico” e “experimentador”.

- Organização e reflexão sobre sugestões de leituras destes textos históricos no contexto escolar, de forma a auxiliar professores na inserção de aspectos da História e da Filosofia da Ciência em sala de aula.

Para alcançar tais objetivos elencados para o trabalho com HFC em aulas de Química de nível de Médio, essa dissertação foi construída a partir da leitura dos referenciais teóricos em Ensino de Ciências e em HFC, bem como de diferentes fontes históricas primárias, analisadas dentro de uma perspectiva da Historiografia das Ciências e da temática da exploração mineral brasileira. Esse texto foi então estruturado essencialmente em seis capítulos, apresentados a seguir.

No capítulo I – **Reflexões iniciais** – busco destacar o referencial teórico adotado nesta investigação, com especial ênfase ao ensino de Ciências e suas relações com a História e a Filosofia da Ciência, salientando iniciativas e movimentos nesta área. Apresento ainda uma reflexão sobre as potencialidades que a HFC oferecem ao ensino sobre a natureza do conhecimento científico – também conhecida como ‘Natureza da Ciência’ –, bem como ao trabalho, em sala de aula, com o entendimento dos diferentes níveis de conhecimento inerentes ao pensamento químico. Por fim, chamo a atenção, como uma sugestão de metodologia para o trabalho com HFC em sala de aula, à leitura de textos histórico-científicos originais por parte dos estudantes, com destaque à execução de uma Pesquisa Histórica. Nesse momento, tenho como objetivo não apenas descrever as etapas e técnicas inerentes a este tipo de investigação, mas também, através da narração de meu próprio percurso de pesquisa, fornecer subsídios para que professores de Ciências em geral, cuja formação universitária dificilmente se aproxima desta metodologia, possam realizar sua própria pesquisa, elaborando seus próprios materiais de ensino a partir da HFC, por meio de uma análise reflexiva e crítica destes textos históricos.

Já o capítulo II – **Uma breve História da Química** – contempla uma apresentação da História da Química, visando especialmente à contextualização histórica das ciências químicas no período abordado nesta investigação, compreendido entre os séculos XVIII e XIX. Acredito na importância da compreensão, por parte de professores e de seus estudantes, do contexto de produção dos saberes e práticas

químicas que aqui serão abordados, notadamente relacionados aos trabalhos dos Iluministas europeus e de seus sucessores, os quais atuaram como referência neste período para as colônias portuguesas.

No capítulo III – ***As Ciências no período colonial brasileiro*** – repasso brevemente a História da Ciência no Brasil, baseando-me em diferentes pesquisadores que se debruçaram sobre este tema, especialmente a partir da década de 1980, trazendo à luz uma nova interpretação do desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro. Meu objetivo aqui é chamar a atenção para a importância que a Ciência e a Tecnologia representaram para a formação e desenvolvimento de nosso país, com especial ênfase em personagens, técnicas e conhecimentos aqui empregados durante nosso período colonial.

Por fim, os capítulos IV (***A exploração mineral no Brasil colonial: leituras sobre o conhecimento químico***), V (***A Mineração no Brasil colonial: potencialidades para o Ensino de Química***) e VI (***As Nitreiras no Brasil colonial: potencialidades para o Ensino de Química***) contemplam os resultados e reflexões construídos ao longo deste trabalho, buscando organizar e sistematizar as principais fontes históricas selecionadas e analisadas nesta pesquisa e consideradas relevantes para o Ensino de Química. Nestes capítulos, incluem-se trechos de textos escritos por cientistas e pesquisadores da área da exploração mineral do período colonial brasileiro que acredito possuem grande potencial para o ensino de determinados saberes químicos. Também apresento discussões e sugestões de trabalho com estes textos, em aulas de Química, com especial atenção a aspectos de sua Natureza e aos níveis dos conhecimentos químicos ali envolvidos e explorados.

Capítulo I – Reflexões iniciais

“Divulgar a ciência – tentar tornar os seus métodos e descobertas acessíveis aos que não são cientistas – é um passo que se segue naturalmente. Não explicar a ciência me parece perverso. Quando alguém está apaixonado, quer contar a todo mundo!” (SAGAN, 1996, p. 38-39)

Neste capítulo, serão apresentadas as principais discussões estabelecidas no âmbito do Ensino de Ciências, com especial atenção às diferentes possibilidades que o trabalho com a História e a Filosofia da Ciência (HFC) oferece ao Ensino de Química de nível Médio, tanto do ponto de vista da formação dos estudantes quanto de seus professores nas Licenciaturas. Pretendo, igualmente, estender estas reflexões para os aportes que podem trazer ao ensino de importantes aspectos da cultura científica, de sua natureza e dos diferentes níveis de conhecimento relacionados aos saberes químicos ao longo de sua História.

1. A HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Historicamente, o ensino de Química (e também o de Ciências) nem sempre tendeu a acompanhar as mudanças sociais ocorridas, principalmente ao longo destes últimos séculos. Até meados da década de 1960, o ensino de Química acabou por assumir um caráter predominantemente descritivo, ainda que prático, concentrando-se no “ensinar a fazer”, muitas vezes dissociado da realidade dos estudantes, afastando-lhes a possibilidade de reflexão sobre a transposição dos conhecimentos escolares para a vida real. Neste momento, o ensino de Química possuía características empírico-positivistas que lhe marcavam desde o início do século XIX, ensinando, segundo Zanon (2008), saberes escolares vinculados à memorização e ao acúmulo de informações de

caráter descritivo e classificatório.

É certo que movimentos contrários a essa forma de ensinar Química, e Ciências em geral, começam a surgir já na década de 1920, com o objetivo de defender uma abordagem atualizada e contextualizada ou “preparar para o trabalho e para a vida”. Contudo, somente no final da década de 1950, tendo como marco a corrida espacial (ilustrada pelo lançamento do Sputnik pelos soviéticos em 1957), inicia-se o fim deste longo período de estabilidade do ensino de Ciências (JOHNSTONE, 1993). Principia-se uma renovação curricular, em que o “método científico” alia-se ao “método da redescoberta”, visando um deslocamento do currículo centrado na “transmissão de conhecimentos” para aquele que valoriza os “métodos de produção do conhecimento” (ZANON, 2008). Neste momento, a Química, como Ciência, passa a ser ensinada segundo o estilo do trabalho do cientista e, assim, começa a adquirir uma imagem de “tarefa inacabada”.

Fica claro, apesar destas mudanças de visão acerca da Química, que seu ensino até a década de 1970 assumia que seus processos de produção poderiam ser transpostos de maneira inalterada aos seus processos de ensino. Não havia observação e preocupação com as diferenças epistemológicas e histórico-sociais entre o conhecimento escolar e o científico e, assim, o ensino de Química passou a apresentar uma característica fortemente indutivista (JOHNSTONE, 1993). Neste período, o “método científico” assume um papel de destaque no ensino de Química (e também de Ciências), o que acabou por reforçar a construção do mito da neutralidade científica na escola: a Ciência seria universal, objetiva, linear, empírica (experimentalista) e perene ao longo do tempo. Segundo Hodson (1992), da visão positivista e tecnicista do início do século XX, o ensino de Química passou a ter como objetivo o utilitarismo exacerbado, entendido como uma maneira de aplicar o conhecimento às situações práticas do cotidiano do aluno.

No início da década de 1980, novos movimentos de mudança curricular aparecem com um objetivo em comum, acompanhando um pensamento que começava a surgir nas Universidades: a aprendizagem socialmente relevante. Partindo de concepções construtivistas e socioconstrutivistas, e de correntes marxistas, passou-se a buscar o estímulo ao pensamento plural e capaz de raciocinar acerca de assuntos

complexos, dinâmicos e sociais (LOPES; MACEDO, 2011). Emerge, então, uma importante mudança paradigmática no ensino de Ciências e, claro, de Química: a aprendizagem passa a ser vista como uma “construção social” do conhecimento, estabelecida dentro do contexto escolar e também extra-escolar, ou seja, o ensino insere-se neste momento dentro das ideias de escola democrática, pautadas na contextualização e na integração entre os diferentes saberes. A partir deste movimento, no início da década de 1990, busca-se a incorporação, no Ensino de Química, das diferentes visões, abordagens, escalas e dimensões que esta Ciência apresenta, visando ao trabalho e à reflexão acerca dos diferentes pontos de vista, contextos, histórias e estratégias que o ensino deve considerar.

Diversas são as abordagens curriculares e metodológicas que possibilitam esse tipo de atuação. Dentre elas, os aspectos histórico-filosóficos, que serão explorados nesta dissertação, justificam-se principalmente quando se almeja a inclusão da dimensão humana no ensino de Química, trazendo à tona ainda aspectos relevantes da Natureza da Ciência, importantes para a formação de cidadãos críticos com relação ao desenvolvimento e impactos da Ciência e da Tecnologia na sociedade (TALANQUER, 2010).

É na perspectiva de um trabalho imbricado às reflexões sobre a Natureza da Ciência (NOS) e do conhecimento científico que vêm surgindo, nas últimas décadas, propostas de inserção de História e da Filosofia da Ciência (HFC) nas salas de aula. Sugestões de sua associação com a Educação começaram a despontar no período pós-Segunda Guerra, como possibilidade de reflexão sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (FIGUEIRÔA, 2009). Como marco, podemos citar a proposta da Universidade de Harvard, lançada e implantada por James B. Conant, em 1950, por meio dos *Harvard Case Studies*, nos quais os alunos passaram a estudar casos históricos baseados na análise de processos-chaves no desenvolvimento da Ciência (COLLINS; SHAPIN, 1989). Desde então, tem crescido o número de ações e abordagens curriculares desenvolvidas no sentido de refletir e propor a inserção da HFC nas salas de aula, seja no nível Superior, seja no nível Básico de ensino. Os diversos papéis que ela pode desempenhar nesses contextos de ensino já foram apresentados e sistematizados por dezenas de autores (dentre muitos outros,

COLLINS; SHAPIN, 1989; SOLBES; TRAVER, 2003; FIGUEIRÔA, 2009; ALVAREZ-LIRE et al., 2013; GARCÍA-MARTÍNEZ; IZQUIERDO-AYMERICH, 2014, etc.) e uma oportuna compilação destas ideias foi feita por Matthews (1995), a qual retomo aqui a título de síntese:

(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)

Partilho da convicção de que um trabalho histórico-filosófico vem justamente ao encontro das novas tendências no Ensino de Ciências, principalmente no que tange à formação de cidadãos críticos e conhecedores dos processos científicos e de suas relações com a tecnologia e a sociedade. Izquierdo-Aymerich, por exemplo, ao tratar do Ensino de Química, defende que:

A interação entre didática, história e filosofia da Química nos ajuda na missão porque é particularmente efetiva e inovadora quando nossos objetivos instrucionais estão focados nas atividades que dão sentido para entidades científicas [átomos, substâncias, moléculas, ligações, etc.], uma vez que estas emergem de tais atividades. (IZQUIERDO-AYMERICH, 2013, p. 1634)

Destaca-se ainda que a História e a Filosofia da Ciência podem se tornar valiosas ferramentas no Ensino de Ciências ao possibilitarem a análise de um determinado conhecimento em seu contexto original (ou seja, em sua dimensão horizontal) e sua posterior generalização (conhecida como dimensão vertical),

permitindo a localização histórico-social deste mesmo conhecimento (COMPIANI, 2007). Estudar o contexto histórico de um determinado tema escolar não significa que simplesmente transportaremos o aluno a uma realidade diferente da sua (espacial e temporalmente), mas sim que lhe permitiremos observar, de forma mais ampla e crítica, as diversidades e semelhanças existentes entre os processos e as sociedades científicas, generalizando e contextualizando, ao mesmo tempo e a todo tempo, as informações às quais tem acesso. Esta importante forma de trabalho permite o desenvolvimento de habilidades de síntese, de análise de mudanças e o estabelecimento e compreensão de tendências, dentre outras (COMPIANI, 2007; TALANQUER, 2010).

Assim, a inserção da História (e também da Filosofia) da Ciência nas salas de aula aparece como sugestão adequada tanto para o Ensino de Ciências em geral quanto, dentro dos objetivos deste trabalho, de Química. Contudo, uma proposta de ensino que contemple História e Filosofia da Ciência não deve estar reduzida à memorização de datas e sequências de fatos, mas sim deve preocupar-se com o desenvolvimento de habilidades de análise, interpretação e crítica, tal como defendido por Chassot (2000, p. 270): “docentes de diferentes disciplinas, quando desenvolvem determinados conhecimentos, podem, de maneira continuada, alertar as alunas e alunos para que busquem uma contextualização histórica dos conhecimentos que estão sendo apresentados”. A ideia de que os alunos, auxiliados por seus professores, possam buscar conhecer os contextos históricos, e também sociais, em que determinados conhecimentos foram desenvolvidos traz, portanto, uma via promissora para o trabalho histórico-filosófico sobre a Ciência, no âmbito escolar.

Outro aspecto relevante das diferentes possibilidades do trabalho com HFC é seu caráter potencialmente integrador, uma vez que muitos aspectos da própria Ciência tornam-se relevantes sob este ponto de vista. A visão de que a Ciência é uma criação humana e social, fruto de relações dentro de suas próprias áreas internas de saberes e também de interações externas a si mesma (econômicas, políticas, éticas, morais, midiáticas, ambientais, comerciais), pode gerar novas sugestões para o ensino, de forma essencialmente integradora (ZANON, 2008). Nesta perspectiva, Jordan (2006) ressalta que a interdisciplinaridade latente da Ciência é demonstrada, na História da

Ciência, como crucial para inúmeros e importantes avanços, principalmente no século XX, ao contrário do que dizem muitos defensores da autonomia disciplinar.

A formação de estudantes de modo integrado mostra-se uma alternativa ao já aqui citado ensino dito por memorização e repetição, promovendo-os a uma posição mais autônoma e crítica, preocupados com problemas da realidade – quase sempre interdisciplinares – permitindo-lhes visão global sobre as relações científico-sociais. Como já apontado há duas décadas (FAZENDA, 1993), esta abordagem permite ainda, aos diversos atores escolares, desmistificar o trabalho científico, que passa a ter dimensões éticas, sociais, históricas e políticas, e a proporcionar trabalhos em grupo, desenvolvimento de lições práticas e ampliação crítica de conhecimento.

Tendo em vista esta compreensão histórico-filosófica da natureza e do desenvolvimento do conhecimento científico, com suas relações integradas a aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais, o trabalho em sala de aula ganha, na HFC, um importante aliado em seu planejamento. Cachapuz, Praia e Jorge (2004) argumentam que a análise das descobertas e conceitos científicos em seu contexto histórico-social permite ao professor e a seus estudantes a construção de uma visão mais ampla e integrada do conhecimento, originando, então, um trabalho em sala de aula com importantes assuntos controversos, de grande relevância, seja em escala local ou global.

2. O ENSINO DA CIÊNCIA LOCAL: POSSIBILIDADES DA HISTÓRIA E DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Destacadas a importância e as potencialidades da inserção de HFC no Ensino de Ciências, nota-se a necessidade da reflexão e construção de sugestões de ensino que explorem essa temática em suas diversas vertentes, oferecendo diferentes possibilidades metodológicas ao professor em sala de aula. Nesse sentido, o processo de seleção de temas, materiais e contextos a serem trabalhados mostra-se essencial e demanda grande cuidado. Na presente investigação, optei por uma possibilidade de inserção da História e da Filosofia da Ciência nas salas de aulas brasileiras que considero valiosa e ainda pouca explorada: o trabalho com fontes de conhecimentos

locais, ou seja, produzidos em contextos geográficos e sociais próximos ao de um determinado grupo de alunos (JAHNKE et al., 2000). Por conseguinte, proponho uma abordagem a partir da História da Ciência brasileira em aulas de Química, por meio de discussões de temas, contextos e aspectos da Natureza da Ciência (NOS), com especial ênfase àqueles caros à Química. Apoio-me, para tanto, na moderna Historiografia das Ciências no Brasil, que discorda da “tese central da quase inexistência – e do grande atraso – das atividades científicas no país até, pelo menos, a criação dos institutos de pesquisa microbiológica [...] na transição para o século XX” (FIGUEIRÔA, 1998, p. 107).

Ainda segundo Figueirôa, esta historiografia anterior empregada na análise da História da Ciência nacional “padeceu dos limites dados por sua matriz positivista e pelo 'mimetismo historiográfico' e conduziu a uma visão estreita do passado” (idem, p. 108). Como também afirma Saldaña (1993), um dos principais formuladores dessas novas bases teóricas, a partir da década de 1980, a ênfase migrou para os estudos da problemática da Ciência realizada em países considerados como periféricos, ou seja, fora dos marcos do eurocentrismo que vinha dominando a investigação histórica das Ciências. Neste sentido, Piva e Filgueiras (2008) finalizam seu trabalho sobre a exploração da pólvora no Brasil destacando que:

A pesquisa histórica atual a respeito da ciência no Brasil colônia tem buscado cada vez mais as fontes primárias e deixado de lado o preconceito antigo de só se considerar digna de estudo a ciência produzida no meio acadêmico. Hoje se procura estudar a história das técnicas, das várias vertentes da engenharia, das relações entre a arte de curar e o conhecimento da natureza, e de todos os processos de transformação dos materiais naturais encontrados pelo homem. (PIVA; FILGUEIRAS, 2008, p. 936)

Penso que essa visão sobre a Ciência brasileira permite redescobrir o Brasil e repensar a imagem de ciência universal que temos e que está presente em muitas aulas de Ciências. Defendo, então, sua apresentação como uma construção social e cultural, que ocorreu e, ainda ocorre, de diferentes maneiras, em diferentes locais e

momentos históricos. Neste sentido, tornam-se oportunas as discussões sobre a imprescindibilidade de uma Educação para a diversidade cultural, em um contexto atual de crescimento dos processos de globalização (GIROUX, 1992; GRANT, 1992; HODSON, 1993; HARDING, 1996; MOREIRA, 2001; GONÇALVES; SILVA, 2003; FREIRE, 2005).

Dentro da concepção atual do multiculturalismo, a globalização leva a uma diluição das fronteiras geográficas, principalmente devido às novas tecnologias midiáticas e aos encontros interculturais nas cidades urbanas (causados, em geral, pelos processos migratórios), resultando em trocas entre diferentes culturas e culminando em um processo de hibridização entre elas (CANCLINI, 1989; HALL, 1992). Há, portanto, um crescente debate sobre a necessidade de sensibilização a respeito da pluralidade de valores e universos dentro das escolas e na construção dos processos de ensino-aprendizagem, o que afeta o trabalho dos professores e os relacionamentos estabelecidos entre estes, seus alunos e suas comunidades.

Esta perspectiva crítica intercultural de ensino representa um potencial caminho para a construção de práticas educacionais em direção à cidadania e a uma vida mais livre e autônoma, em que as identidades culturais são valorizadas (FREIRE, 2005). Paulo Freire (2005) defende ainda que uma aprendizagem profunda somente possa ser alcançada quando o educando entende sua realidade social e cria uma consciência, ao mesmo tempo, individual e coletiva, em um processo que inclui o estabelecimento de uma identidade própria e de seu pensamento crítico.

Moreira (2001) destaca, contudo, que poucas são as descrições de experiências efetivas de sala de aula orientadas à valorização das diferenças e das identidades culturais, principalmente com relação às orientações presentes em documentos curriculares oficiais e atividades inseridas dentro de disciplinas escolares específicas. O autor chama a atenção, inclusive, para a pouca preocupação desses textos com o debate sobre o papel da educação científica no contexto de educação cultural. Logo, levanta-se uma importante questão: neste cenário de uma Educação crítica e cultural, qual o espaço ocupado e qual o papel que o Ensino de Ciências deve exercer? Se partirmos da ideia de que a cultura é um conjunto simbólico formado pelas formas de comunicar, perpetuar e desenvolver o conhecimento de um grupo de pessoas

(GEERTZ, 1973), então a Ciência claramente é parte integrante e importante da identidade de uma sociedade. Desta forma, inúmeros autores defendem que o ensino científico deve considerar uma perspectiva intercultural de Ciência e apreciar as diferenças entre Ocidente e Oriente, entre o hegemônico e o popular, o local e o global, etc. (MATTHEWS, 1992; HODSON, 1993; COBERN; LOVING, 2001; ROTH; BARTON, 2004). Neste sentido, Moreira (2001) também ressalta alguns dos importantes questionamentos que as disciplinas escolares da área de Ciências Naturais podem trazer para uma prática pedagógica mais crítica, culturalmente justa e democrática:

a) em que medida as origens da ciência moderna situam-se de fato em culturas não-europeias?; b) existem ou podem vir a existir ciências, elaboradas em outras culturas, que também 'funcionem', que também expliquem a realidade?; c) de que modo a ciência moderna pode ser considerada ocidental? (MOREIRA, 2001, p. 77).

Destaco aqui, então, que são justamente estes questionamentos sobre os diferentes papéis, tipos e culturas científicas que podem tornar a História e a Filosofia da Ciência ferramentas poderosas para o ensino não apenas de conceitos científicos, mas também sobre a própria Ciência (HODSON, 1992; POMEROY, 1994). Desta forma, compartilho da perspectiva de Roth e Barton (2004), que defendem que o conhecimento a respeito destas conexões entre História, cultura, sociedade e desenvolvimento científico pode ser crucial para as discussões sobre a realidade e as tomadas de decisões científicas, levando à construção do tão almejado espírito crítico e ao empoderamento dos estudantes brasileiros.

Chamo a atenção, por fim, para o fato de que a importância de se considerar aspectos da História da Ciência Brasileira apenas começa a ser observada pelos trabalhos na área de Ensino de Ciências. Na já citada investigação sobre propostas de Ensino de Química a partir da HFC aqui realizada, entre os anos de 1993 e 2013 apenas cinco publicações, como visto nas tabelas 1 e 2 apresentadas na introdução deste trabalho, trazem sugestões de abordagens para salas de aula a partir da história do desenvolvimento de conceitos e técnicas científicas no território nacional (PORTO, 2000; PINHEIRO; SILVA, 2010; SILVA, 2010; MORIOKA; SILVA, 2012; BRAIBANTE et

al., 2013). Neste caso, os temas trabalhados relacionam-se, essencialmente, à natureza da matéria e a literatura, práticas químicas afro-brasileiras, exploração da cana-de-açúcar e importância econômica dos metais. É, portanto, justamente neste contexto de valorização da Ciência brasileira, de seus participantes e de sua cultura científica que se insere a presente investigação.

3. A NATUREZA DA CIÊNCIA E OS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO: POSSIBILIDADES A PARTIR DA HISTÓRIA DA QUÍMICA

Neste caminho em busca de um conhecimento mais crítico a respeito das diversas Ciências, abrangendo não apenas o entendimento de seus conteúdos, modelos e teorias, mas também de suas principais características, relações e papéis sociais, há algumas décadas vem crescendo a discussão acerca do chamado 'letramento científico' (em inglês, *scientific literacy*). Segundo Derek Hodson (2008), muito tem sido debatido sobre o letramento científico e, atualmente, construiu-se um consenso geral sobre a necessidade de se almejar um Ensino de Ciências vinculado a este objetivo principal. Contudo, o que busca um ensino voltado ao letramento científico e como ele pode contribuir para a formação de estudantes críticos e conscientes?

Jenkins (1994) define o letramento científico como o conhecimento sobre a Natureza da Ciência, seus objetivos e limitações gerais, associado ao entendimento de algumas de suas principais teorias. Neste sentido, ser letrado cientificamente traria benefícios às pessoas tanto do ponto de vista individual quanto social. Segundo Laugksch (2000), no primeiro caso, ser letrado cientificamente implica maior conhecimento para a vida em nossas sociedades dominadas pelo rápido desenvolvimento científico e tecnológico; ou seja, estes indivíduos possuem mais ferramentas para a tomada consciente de decisões a respeito de questões como meio ambiente, segurança e controle alimentar, medicamentos, vacinação, novas tecnologias da informação, etc. Já com relação a sua inserção social, argumenta-se, sob uma ótica mais relacionada à produção nacional, que indivíduos com um conhecimento geral sobre a Ciência, suas formas de produção e relações tecnológicas, participam mais

ativa e inteligentemente do setor econômico e produtivo de um país e não criam expectativas irrealistas e irrealizáveis sobre esta área.

Ainda sobre o letramento científico, Hodson (2008) destaca que as inúmeras discussões construídas a este respeito, tanto no nível dos educadores e investigadores da área de Ensino de Ciências, quanto no âmbito de políticas curriculares, originaram uma extensa gama de definições, proposições e apropriações oriundas de sua inserção em salas de aula. Contudo, ainda em 1992, esse mesmo autor propôs um interessante conjunto de três pontos para descrever a multidimensionalidade inerente ao letramento científico e que, ao serem abordadas de forma balanceada nas escolas, levariam a um Ensino de Ciências mais efetivo e completo: saber ciência (adquirir conhecimentos científicos teóricos e conceituais essenciais a uma Ciência), saber sobre ciência (desenvolver um entendimento sobre a natureza dos métodos científicos e perceber a existência de complexas interações entre ciência e sociedade) e saber fazer ciência (engajar e desenvolver conhecimento prático sobre resolução de problemas e sobre a investigação científica) (HODSON, 1992). Já em 2014, Hodson (2014) acrescenta um quarto elemento a este grupo: o saber discursar sobre problemas sócio-científicos (desenvolver habilidades críticas para confrontar os aspectos pessoais, sociais, econômicos, ambientais e ético-morais de problemas sócio-científicos), intensamente relacionado aos três anteriores e também às necessidades de nossos estudantes inseridos nas sociedades globalizadas modernas.

No presente trabalho, como já destacado anteriormente, busco realizar um resgate histórico e social de saberes e contextos científicos envolvidos no desenvolvimento da exploração mineral no período colonial brasileiro. Nesse sentido, espero contribuir para reflexões em sala de aula relacionadas, essencialmente, ao conhecimento sobre a Ciência deste período, atividade influenciada por diferentes culturas (brasileira-nativa, portuguesa-europeia, americana⁶, africana), contextos políticos, econômicos e sociais. Portanto, interessa-me mais especificamente, dentro das discussões sobre o letramento científico e suas implicações para o ensino, o saber sobre ciência de Hodson [ou o entendimento de sua natureza, segundo Jenkins (1994)], que passarei a discutir aqui de forma mais particular.

⁶ Entendida aqui como oriunda do continente americano em geral.

Este ensino sobre a Ciência, mais comumente chamado de Ensino sobre a Natureza da Ciência, vem sendo defendido por um grande número de investigadores da área de Ensino de Ciências nas últimas décadas (HODSON, 1992; PRAIA et al. 2007; GOODAY et al., 2008; MCCOMAS, 2000; 2008; LEVINSON, 2010; 2011; TALANQUER, 2013) e, do ponto de vista da presente dissertação, acredito tratar-se de uma abordagem adequada para a inserção das perspectivas local e cultural na Educação Científica, permitindo aos estudantes estabelecerem conexões entre ciência e política, economia, sociedade, cultura, etc.

Credita-se aos movimentos curriculares da década de 1960 o início dos debates acerca da consideração de aspectos da NOS em aulas de Ciências, essencialmente através das iniciativas de ensino sobre como trabalham os cientistas. Contudo, é principalmente a partir da década de 1980 que tem início uma importante mudança proposta por educadores, investigadores e curriculistas (LOPES; MACEDO, 2011): o foco deixa de estar somente na execução de atividades científicas por parte dos estudantes e passa a se concentrar também no entendimento do que é a Ciência, de suas especificidades e características internas e externas (HODSON, 1985). De acordo com Hodson (1992), aprender e entender como a Ciência é feita, seus métodos e suas relações com as diferentes sociedades, passa então a fazer parte do Ensino de Ciências.

Contudo, segundo Justi (2013), diversas são as sugestões presentes na literatura do que vem a ser a 'Natureza da Ciência' e o debate em busca de sua definição precisa tem levado à divisão das ideias em dois grupos principais: aquele de caráter mais epistemológico (liderado pelo grupo de pesquisa de Norman Lederman⁷), que constrói uma lista fixa de aspectos gerais e padronizados das Ciências, e outro de cunho mais flexível e temporal, que considera a Natureza da Ciência como um híbrido de elementos das áreas de História, Sociologia e Filosofia da Ciência e das Ciências Cognitivas (refletido nos trabalhos de autores como McComas, Hodson, Matthews, etc.).

Em consonância com os objetivos e reflexões já apresentadas neste trabalho, a

⁷ Para maiores detalhes sobre os trabalhos deste grupo de pesquisa, ver: LEDERMAN (1992) e LEDERMAN (2007).

noção de Natureza da Ciência que aqui será empregada aproxima-se mais significativamente deste último grupo, que a entende como temporal, contextual e não apenas como uma lista de elementos definidores específicos. Como defendido por Hodson (2009), o trabalho com NOS deve ser orientado não a uma lista específica e fixa de aspectos a serem ensinados, mais sim ao “confronto dos alunos com diferentes alternativas de pensamento, envolvendo-os em debates críticos, com estímulo e orientação para a formação de suas próprias ideias a respeito da Ciência” (HODSON, 2009, p. 20).

Neste sentido, Matthews (1992) defende que o ato de pensar e aprender sobre a NOS inclui discussões sobre sua objetividade, mutabilidade, provas científicas, teorias e modelos, bem como seus diferentes métodos, explicações, previsões, etc. Ademais, Allchin (2011) acrescenta a essa ideia mais geral outros importantes aspectos para o trabalho com NOS em sala de aula, como: observação e raciocínio, interações sociais entre cientistas, processos cognitivos, financiamento, práticas instrumentais e experimentais, comunicação e transmissão de conhecimento, etc. Há ainda a compreensão de como prioridades e áreas do conhecimento são estabelecidas, da linguagem científica, da validação de conhecimentos, da história e desenvolvimento de ideias científicas influentes e das circunstâncias intelectuais ao seu redor, de seus impactos na sociedade e em nossa forma de pensar e de lidar com o meio ambiente, etc. (HODSON, 2014).

Por fim, destaco aqui um importante consenso sobre o ensino da NOS que parece ter sido alcançado por estes diferentes grupos: a necessidade deste ser realizado de forma explícita, ou seja, as ideias e questionamentos sobre a NOS devem aparecer de forma clara durante as aulas, a fim de auxiliar os alunos na observação destes aspectos (MCCOMAS, 2008). Neste sentido, Hodson (2014) defende que, independentemente da abordagem escolhida pelo professor, é importante lidar com o ensino da NOS de forma objetiva, inserido durante a aula, e não discretamente implicado em atividades mais gerais e abertas.

Assim, esses investigadores defendem que se “rejeite a ideia de que os estudantes podem desenvolver bom entendimento da NOS como um efeito colateral de seu engajamento em outras atividades de aprendizagem – por exemplo, aquelas

relacionadas à aquisição e desenvolvimento de conceitos científicos básicos” (HODSON, 2014, p. 2). No presente trabalho, tenho então como objetivo principal a análise do potencial da HFC para o ensino da NOS em aulas de Química, a partir de uma abordagem explícita do tema, o que, contudo, não impede o trabalho com outros importantes aspectos do letramento científico, como a aprendizagem de teorias e conceitos (saber ciência) e o desenvolvimento de atividades experimentais (saber fazer ciência).

Diversas são as possibilidades de trabalho em sala de aula com os aspectos da NOS, como a abordagem a partir de problemas sócio-científicos, de estudos de casos controversos e, ainda, através dos estudos históricos (JUSTI, 2013). No Brasil, os estudos e reflexões sobre a inserção de discussões acerca da Natureza da Ciência nas aulas de Ciências têm ganhado importância, em especial, a partir da década de 1990, estimulados pelas publicações de trabalhos seminais na área, como aqueles produzidos por Matthews (1992) e Hodson (1992). Boas (2012), ao realizar uma investigação com publicações relacionadas a essa temática em nove importantes periódicos brasileiros, entre 1996 e 2010, encontrou 37 artigos nos quais a Natureza da Ciência é abordada como central e relevante para o Ensino de Ciências. O autor destaca ainda o crescimento de trabalhos dentro desta temática ao longo do período analisado: durante a década de 2000, especialmente entre os anos de 2006 e 2010, há um aumento significativo nas produções, demonstrando a relevância que esta discussão vem adquirindo em nosso país.

Nesta perspectiva, é oportuno citar Hodson (1992) mais uma vez, quando argumenta que, na busca de um ensino sobre Ciência, algumas abordagens envolvendo estudos de casos históricos e reconstruções podem ser muito estimulantes, especialmente quando relacionadas à clarificação da natureza da atividade científica e de suas relações com a sociedade. É por meio da História e da Filosofia da Ciência que os estudantes podem aprender e refletir sobre como um conceito científico mudou através dos tempos, como cientistas costumavam trabalhar e como o fazem atualmente, como são feitas as tomadas de decisões nessa área, como controvérsias entre correntes científicas surgem e são resolvidas (ou não), etc.

Matthews (1995, p. 264-265) acrescenta que o intuito de associar HFC com o

ensino da NOS é reconhecer que “a história, a filosofia e a sociologia da Ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente” das questões pertinentes envolvidas nesta atividade. Ou seja, ao defenderem uma abordagem mais contextualizada da Ciência, aqueles que argumentam pela inserção da HFC nos currículos de Ciências ao redor do mundo acabam por associá-la ao ensino da NOS, uma vez que contextos históricos, filosóficos, sociais, políticos, etc. fazem parte da própria constituição da Ciência (Matthews, 1995).

Ao advogar pela inclusão de História, Filosofia e Sociologia da Ciência na busca do letramento científico, Hodson (2009) defende ainda que estas áreas do pensamento podem:

permitir que todos os estudantes saiam da escola com um robusto conhecimento sobre a natureza da investigação científica e da construção de teorias, entendimento do papel e do status do conhecimento científico, habilidade para entender e usar a linguagem da Ciência apropriadamente e de forma eficiente, capacidade de analisar, sintetizar e avaliar reivindicações científicas, bem como algum discernimento sobre os fatores sócio-culturais, econômicos e políticos que impactam as prioridades e conduzem a Ciência. (HODSON, 2009, p. 18)

Allchin (2011; 2014) acrescenta que, dentro os diversos aspectos relevantes da NOS para um ensino mais crítico de Ciências em nossas salas de aula, a História e a Filosofia da Ciência mostram-se muito úteis para demonstrar a natureza da incerteza e das mudanças conceituais científicas, o papel do contexto cultural e da parcialidade das ideias científicas, seu status provisório e seu caráter de tentativa-e-erro, criando um processo de desnaturalização destes conhecimentos.

Finalmente, neste contexto de um ensino de Ciências preocupado com a natureza da atividade científica, onde se encontra, de forma mais específica, o Ensino de Química, foco desse trabalho? Segundo Izquierdo-Aymerich (2013), são muitas as implicações dos debates acerca do letramento científico e da Natureza da Ciência para a Química. Dentre elas, a autora considera parte importante do processo de ensino-

aprendizagem o entendimento de quais problemas são trabalhados por essa área do conhecimento, com quais materiais ela lida e como interage com e altera o meio natural; ou seja, há grande relevância do ensino de seus modelos, linguagem, teorias e também de sua natureza (“ensinar sobre a Química”).

Gilbert e Treagust (2009) destacam que, dentro deste processo de entendimento da Química, é importante compreender que se trata de um campo científico permeado por quatro componentes principais: processos usados para obter conhecimento químico; conceitos gerais e específicos produzidos; aplicações destes conhecimentos para entender e alterar a natureza; e implicações destas atividades para indivíduos e sociedades. Já Talanquer (2013), ao tratar de aspectos importantes da Natureza da Química que deveriam estar presentes nas salas de aula, destaca sua intrínseca relação com atividades de classificação (ferramenta essencial para a previsão do comportamento de estruturas e substâncias), síntese (desenvolvimento de substâncias, experimentos e processos) e manipulação física e mental (“o que sabemos?”, “o que podemos saber?” e “o que podemos fazer?”).

Nessa perspectiva, ser letrado em Química consistiria, segundo Shwartz, Ben-Zvi e Hofstein (2005 apud GILBERT; TREAGUST, 2009): (1) no entendimento da natureza da Química, suas normas e métodos; (2) no entendimento de teorias-chave, conceitos e modelos da Química; (3) no entendimento de como a Química e suas tecnologias se relacionam; e (4) na apreciação do impacto da Química e de suas tecnologias na sociedade. Esses autores defendem ainda que o letramento químico tem consideráveis implicações para a população em geral, em diferentes graus de complexidade: prática ou funcional (conhecimentos sobre alimentação, saúde, etc. em seu cotidiano), civil (participação informada em debates sobre Química e sua dimensão tecnológica) e cultural (apreciação da Química como parte de uma empreitada científica maior).

Visando complementar esta relevante, ainda que recente, discussão sobre a Natureza da Química (diretamente associada a trabalhos seminais da Filosofia da Química), considero essencial para a reflexão e para atividades concretas de Ensino de Química o debate realizado, a partir da década de 1980, sobre a necessidade de compreensão de seus três diferentes níveis de representação (chamados de *chemistry triplet*, em inglês), ou seja, de que o conhecimento químico é gerado, expresso,

ensinado e comunicado em diferentes formas (GILBERT; TREAGUST, 2009; TALANQUER, 2010).

Penso que uma aprendizagem crítica e relevante sobre a Química deve passar pelo entendimento de suas especificidades (natureza) como Ciência, construídas ao longo de sua História, e que a tornam este conjunto atual de atividades, modelos, teorias e pensamentos que ensinamos em sala de aula. Nesse sentido, acredito que a maneira como ela produz, analisa, generaliza e divulga seus conhecimentos, ou seja, como os representa e os comunica, deve ser considerada como parte importante de um trabalho de ensino-aprendizagem visando à compressão da Natureza da Química.

Talanquer (2010), ao revisar a literatura a respeito destes níveis de representação empregados pela Química, chama a atenção para a diversidade de terminologias que a área de Ensino de Química lhes atribui, como “macroscópico”, “submicroscópico” e “simbólico”, ou “descritivo”, “representacional” e “explanatório”, dentre outros. A Tabela 3 a seguir, extraída do trabalho de Gilbert e Treagust (2009), apresenta um resumo de algumas das nomenclaturas mais comumente empregadas para estes diferentes níveis químicos de representação:

Tabela 3. Termos atribuídos aos três níveis de representação do conhecimento químico

Authors	Terms used
(Andersson, 1986)	<i>macroscopic world</i> <i>atomic world</i>
(Ben-Zvi, Eylon, & Silberstein, 1987)	<i>macroscopic level</i> <i>microscopic level</i> <i>symbolic level</i>
(Gabel, Samuel, & Hunn, 1987) (Gabel, 1994)	<i>macroscopic level</i> <i>microscopic level</i> <i>symbolic level</i>
(Johnstone, 1991)	<i>macro level</i> <i>sub-micro level</i> <i>symbolic level</i>
(Bodner, 1992)	<i>macroscopic world of chemistry</i> <i>molecular world of chemistry</i> <i>symbolic world of chemistry</i>
(Johnstone, 1993)	<i>macrochemistry</i> <i>submicrochemistry</i> <i>representational chemistry</i>
(Fensham, 1994)	<i>macroscopic world</i> <i>atomic world</i>
(Nakhleh & Krajcik, 1994)	<i>macroscopic system</i> <i>microscopic system</i> <i>symbolic system</i> <i>algebraic system</i>
(Johnstone, 2000)	<i>macro</i> <i>submicro</i> <i>representational</i>
(Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003)	<i>macroscopic</i> <i>submicroscopic</i> <i>symbolic</i>

Fonte: Gilbert e Treagust (2009)

Mas, afinal, do que trata e a que tipo de conhecimento se vincula cada uma destas três faces do conhecimento químico?



Figura 1: Níveis do conhecimento químico e suas inter-relações
(JOHNSTONE, 1991; DAVIDOWITZ; CHITTLEBOROUGH, 2009)

Macroscópico (ou descritivo): composto por entidades e fenômenos que são tangíveis e visíveis em nosso mundo, ou seja, é o nível em que os fenômenos são experimentados, observados e descritos (JOHNSTONE, 1982; TALANQUER, 2010). Destaca-se que a observação e a experimentação dos fenômenos podem ocorrer no mundo “real” ou nos laboratórios de ciências, gerando diferentes apropriações e interpretações do que está sendo percebido.

Submicroscópico (ou explanatório): é o nível em que os fenômenos são explicados, invocando átomos, moléculas, íons, estruturas, isômeros, polímeros, etc., para formar uma imagem mental que direcione nosso pensamento e racionalize o nível descritivo (macroscópico) (JOHNSTONE, 1982; TALANQUER, 2010). O nível submicroscópico da Química é aquele relacionado aos modelos conceituais que são criados para explicação dos fenômenos observados, os chamados “modelos químicos”. É importante destacar que esses, ainda que referentes ao nível submicroscópico do conhecimento, possuem diferentes escalas de análise, como a atômica-molecular e a multi-atômica (BEN-ZVI; EYLON; SILBERSTEIN, 1988 apud TALANQUER, 2010).

Simbólico (ou representacional): Trata-se do nível em que signos são usados para representar e comunicar conceitos e ideias, abrangendo tanto signos químicos quanto matemáticos e suas relações (ou seja, equações). Apresenta uma forte conexão com o

modelo químico usado para explicar determinado fenômeno, ou seja, com o nível submicroscópico. Dentro de uma perspectiva da Semiótica desenvolvida por Charles Sanders Peirce⁸, é importante destacar ainda que a linguagem química é formada por dois tipos de representação: os símbolos (relacionados ao nível simbólico aqui discutido) e os ícones (relacionados ao nível explanatório, ou seja, submicroscópico, já discutido anteriormente). Símbolos (e, portanto, o nível simbólico) incluem os sinais usados por convenção para representar, por exemplo, a composição da matéria (H, O, H₂O, etc.) ou suas propriedades e comportamento (+, (g), →, etc.). Por outro lado, os ícones são sinais que promovem significado por semelhança à forma do objeto, ao evento ou ao modelo que eles são designados para representar (portanto, referem-se ao nível dos modelos químicos/submicroscópico), como os modelos de bolas e palitos de plástico que podem ser usados na montagem de moléculas (LASZLO, 1995; TALANQUER, 2010).

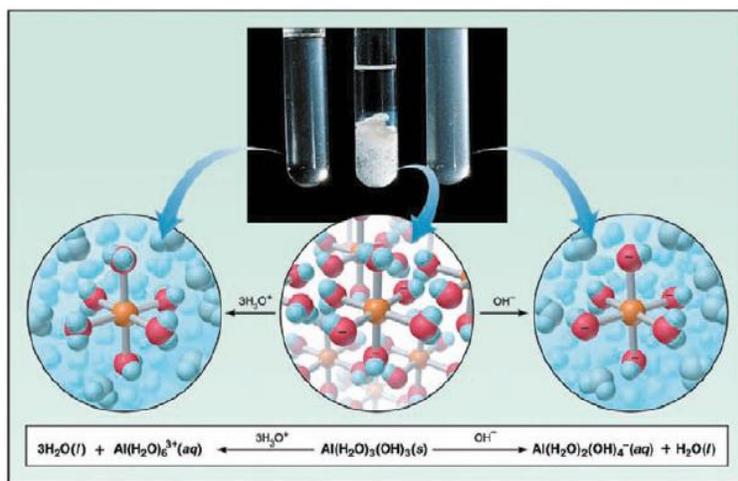


Figura 2: Exemplo de abordagem envolvendo os três níveis do conhecimento químico (DAVIDOWITZ; CHITTLEBOROUGH, 2009).⁹

⁸ Charles Sanders Peirce (1839-1914) nasceu em Cambridge, EUA, e graduou-se em Química na Universidade de Harvard, dedicando seus estudos à Matemática e à Filosofia, com ênfase em Lógica. É considerado um dos pioneiros da Semiótica, área do conhecimento que se propõe a estudar a produção de significados por meio de signos, tanto lingüísticos quanto de outras vertentes culturais, como artes visuais, fotografias, cinema, religião, ciência, etc. (STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY, 2014).

⁹ Na parte superior da figura, tubos de ensaio com os resultados visuais (macroscópico); na parte central,

A existência e, principalmente, o trânsito entre essas diferentes formas de se representar um mesmo tópico do conhecimento químico podem se tornar enormes obstáculos à aprendizagem desta Ciência e, portanto, ao letramento químico. Alguns problemas apontados na literatura nesse sentido indicam: falta de experiência com o conhecimento macroscópico (NELSON, 2002 apud GILBERT; TREAGUST, 2009); confusões sobre a natureza do mundo submicroscópico, relacionadas principalmente à complexidade de visualização das entidades – átomos, moléculas, partículas subatômicas, etc. – (HARRISON; TREAGUST, 2002 apud GILBERT; TREAGUST, 2009); pouco entendimento das complexas convenções simbólicas usadas (MARAIS; JORDAAN, 2000 apud GILBERT; TREAGUST, 2009); falta de habilidade para transitar entre os três níveis (GABEL, 1998 apud GILBERT; TREAGUST, 2009); etc.

Dessa maneira, nota-se que a diversidade de representações do conhecimento químico traz inúmeras e importantes implicações para o Ensino de Química e, assim, deve ser considerada ao se optar por uma ou múltiplas abordagens de um determinado tema em sala de aula. Estas diferentes possibilidades permitem a seleção e combinação de “pedaços” do conhecimento químico dentro de um sistema mais complexo, multidimensional (TALANQUER, 2010).

Talanquer (2010), ao tratar desta complexidade do conhecimento e das atividades químicas, mostra que não há somente três níveis a serem considerados: a natureza da própria Química como uma Ciência é relevante para a compreensão geral dos conhecimentos que produz. Assim, seu espaço é também caracterizado por diferentes dimensões (tempo, energia e composição/estrutura) e abordagens de ensino (Matemática, Conceitual, Contextual e Histórica), como pode ser visto no esquema a seguir:

o modelo usado explicar a ocorrência da reação química observada (submicroscópico); na parte inferior, a representação simbólica (equação química) da reação química ocorrida (simbólico).

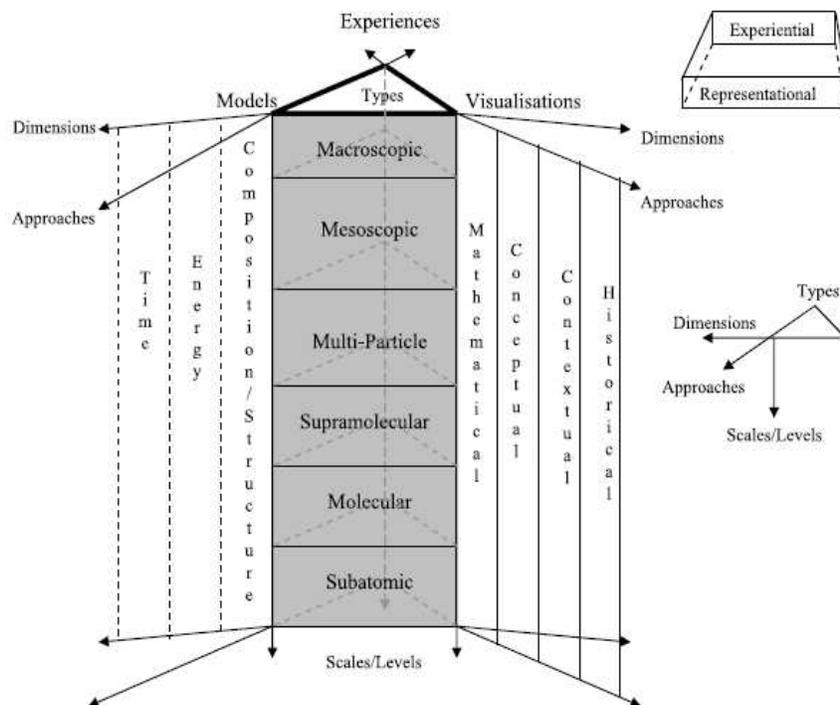


Figura 3: Multidimensionalidade do conhecimento químico
(TALANQUER, 2010)

De modo a dar conta das complexidades do Ensino de Química aqui discutidas, acredito que a compatibilização entre a perspectiva de inserção da HFC e a compreensão de seu caráter multidimensional pode ser alcançada por meio da leitura de textos histórico-científicos, escritos por pesquisadores envolvidos com o desenvolvimento científico e tecnológico de um determinado local, auxiliando a compreensão da natureza e das diversas escalas e níveis do pensamento químico. Para esta reflexão, tomarei como ponto de partida, no capítulo II, a própria História desta Ciência, a fim de explorar o desenvolvimento da Química ao longo do tempo e de suas formas de produzir, pensar, analisar e divulgar seus conhecimentos.

4. FONTES HISTÓRICAS PRIMÁRIAS NO ENSINO DE QUÍMICA: POSSIBILIDADES E CAMINHOS

Concebendo o trabalho com a História e a Filosofia da Química em sala de aula, uma pergunta que se coloca é: Como fazê-lo? A partir de quais materiais? E como o

docente poderá se apropriar desse modo de trabalhar e executá-lo autonomamente? Segundo Pessôa Jr. (1996), em um exercício inicial de sistematização, as possibilidades práticas de abordagem da História da Ciência na sala de aula seriam: 1. Internalista de longo prazo; 2. Elaboração de um perfil epistemológico de cientistas; 3. Externalista ou social; 4. A partir da leitura de documentos originais; 5. Internalista; 6. Instrumentos científicos; 7. Histórias possíveis (análise de outros percursos históricos possíveis).

A História Internalista a longo prazo, segundo Pessôa Jr. (1996), trabalha com um ensino através da compilação e apresentação de dados sobre cientistas e seus feitos em uma espécie de linha evolutiva de conceitos. Já a Elaboração de perfil epistemológico consiste no estudo a partir de cientistas específicos, analisando-se suas ideias e sua importância na História da Ciência. O caráter Externalista (também conhecido como História Social da Ciência), por sua vez, baseia-se no estudo da Ciência dentro do contexto social onde ela é feita, ou seja, incluindo-se uma análise da sociedade, da economia, da política, etc., de uma época e local. Esta visão mostra-se diferente da Internalista, que se preocupa com o ensino a partir das dinâmicas internas à Ciência, seus paradigmas, modelos e detalhes de seu funcionamento. Há ainda a História a partir dos Instrumentos Científicos, com foco altamente experimental, e também aquela com ênfase nas Histórias possíveis, ou seja, a partir do vislumbrar e da elaboração de hipóteses sobre outros caminhos que poderiam ter sido seguidos no curso da História da Ciência. Resta, finalmente, o método de ensino a partir da leitura de textos originais produzidos pelos cientistas (as fontes históricas primárias).

Ainda que a abordagem da História e da Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências possa ser dividida tão rigidamente, como feito por Pessôa Jr., os Estudos Sociais da Ciência, a partir dos anos de 1970, de certa forma superaram estas distinções. De um ponto de vista mais Sociológico, autores como Bloor (e seu Programa Forte) e Collins (e seu Relativismo) buscaram estender os estudos sobre o conhecimento científico para além destas divisões estáticas entre os modos de se fazê-lo. Assim, flexibilizaram as relações entre as abordagens de História e Filosofia da Ciência, atenuando as diferenças entre externalismo, internalismo, experimentalismo, etc. Com esses trabalhos de caráter sociológico, o conhecimento científico, inclusive

quanto a seu conteúdo intrínseco, passou a ser analisado a partir do seu desenvolvimento, incluindo todos os fatores inerentes, como suas relações internas, externas, seu caráter experimental, suas produções; enfim, passou a ser visto como um produto da cultura na qual se insere (KELLY; CARLSEN; CUNNINGHAM, 1993).

No presente trabalho, proponho, como caminho para uma abordagem a partir da HFC, a leitura dos originais de cientistas (as chamadas fontes históricas primárias), dentro dessa perspectiva social da Ciência, ou seja, a partir de uma análise do contexto histórico, social, político e econômico de um determinado período histórico, bem como das relações produzidas no âmbito do desenvolvimento e aplicação de determinados conhecimentos científicos. Acredito que o contato direto dos alunos com os materiais produzidos em certa época (e não reinterpretações reproduzidas pelos livros didáticos ou por sites na Internet) pode se transformar em uma ferramenta de aproximação entre suas próprias concepções e raciocínios e a lógica do desenvolvimento de um conhecimento científico, em consonância com o que foi discutido até aqui.

Thomas Kuhn, ainda em 1959, argumentava sobre o material empregado no Ensino de Ciências:

O traço peculiar mais impressionante desse tipo de ensino é que, num grau absolutamente inexistente em outros ramos criativos, ele é conduzido inteiramente através de livros-texto (...) e os estudantes de ciências não são encorajados a lerem os clássicos históricos de suas áreas – obras onde eles poderiam descobrir outras formas de considerar os problemas discutidos em seus livros-texto (...) esse ensino permanece uma mera iniciação dogmática a uma tradição pré-estabelecida. (KUHN, 1959, apud MATTHEWS, 1995, p. 176)

Almeida e Rincon (1993) destacam ainda que a desejada formação de sujeitos críticos e autônomos com relação ao conhecimento científico, isto é, letrados cientificamente, passa pelo trabalho com atividades que ultrapassem o ensino tradicional (isto é, com memorização de fórmulas e de técnicas de resolução de exercícios), contribuindo para a formação de “hábitos e atitudes que permanecerão mesmo após o abandono da escola” (ALMEIDA; RINCON, 1993, p. 8).

Em outro trabalho (RINCON; ALMEIDA, 1991), esses mesmos autores defendem que a criação de hábitos de leitura de textos científicos tem grande impacto na vida cotidiana dos estudantes, mesmo após a saída da escola, uma vez que esses continuarão a buscar conhecimentos e informações importantes para sua vida em sociedade, aprendendo, inclusive, a checar notícias, estudar e se aprofundar em um tema de forma autônoma. Além disso, Almeida e Mozena (2000) refletem que a leitura destes textos científicos tem papel essencial na compreensão da Ciência como sendo dinâmica e em constante construção, em oposição à imagem tradicional da Ciência como tarefa acabada (vinculada principalmente ao ensino de seus produtos finais e não de seus processos de produção).

Neste contexto, acredito que a leitura de textos científicos e também históricos pode ser uma valiosa ferramenta para a introdução de aspectos significativos da História e da Filosofia da Ciência nas aulas de Química, bem como para a construção de habilidades de leitura e interpretação da Ciência, além uma compreensão mais realista do trabalho científico (ALMEIDA, 2004). Nesta dissertação, especificamente, meu recorte principal será o ensino de nível Médio, período em que o nível de letramento e habilidades de leitura dos alunos já pode lhes permitir uma manipulação mais proveitosa desses materiais.

Bittencourt (2011), ao refletir sobre o uso de documentos históricos em sala de aula, destaca também seu potencial estimulante, por colocar o aluno em um papel ativo durante o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que partirão dele as ideias e interpretações iniciais deste material. A autora chama a atenção, contudo, para o fato de que esses estudantes não são historiadores, estando em um processo de introdução à História, o que demanda, portanto, atenção do professor (com relação a momento de uso, tipo de documento, condições de escolarização dos alunos, etc.). Nesse sentido, a autora salienta que o maior potencial do uso desses documentos reside em favorecer a elucidação de contextos históricos e em auxiliar a formulação de processos de generalização, ou seja, na transformação da leitura sobre uma situação particular num entendimento mais geral e abrangente sobre um determinado acontecimento ou momento. Destaca, por fim, que podem contribuir para a construção de um pensamento histórico, facilitando, principalmente, o entendimento do processo de produção de um

determinado conhecimento através da compreensão “de que os vestígios do passado se encontram em diferentes lugares, fazem parte da memória social e precisam ser preservados como patrimônio da sociedade” (BITTENCOURT, 2011, p. 333).

Aqui, nota-se uma interessante aproximação que os textos históricos podem promover entre a Ciência desenvolvida localmente, em um contexto específico (como o da exploração mineral no Brasil), e as grandes escolas de pensamentos, modelos, teorias e técnicas que marcaram (e ainda marcam) a construção da Química como Ciência moderna. Observamos, então, que esses textos científicos históricos apresentam grande potencial para o acesso às dimensões horizontal (contextual) e vertical (generalizante) do conhecimento científico, já discutidas nesse trabalho (COMPIANI, 2007; TALANQUER, 2010).

Bittencourt (2011) destaca ainda que os textos históricos podem ser usados com diferentes objetivos em sala de aula: de forma ilustrativa (instrumento de reforço de uma ideia); fonte de informação (explicitação de uma situação histórica); ou introdução de um tema ou situação-problema específico. Assim, diversas são as situações de aprendizagem em que eles podem ser empregados, originando inúmeras possibilidades de atividades didáticas. Algumas experiências com leituras de textos originais têm sido descritas na literatura (GALDABINI; ROSSI, 1993; ALMEIDA, 2004; GUERRA et al., 2004; ZANOTELLO, 2011), em especial no ensino de Matemática (JAHNKE et al. 2000; PENGELLEY, 2011; JANKVIST, 2013; BARNETT et al., 2014), com destaque para seus resultados positivos, principalmente em termos de receptividade dos alunos frente ao uso deste material em aulas dessas áreas.

Uma interessante constatação, feita por Zanotello (2011, p. 989), é que “o conhecimento das dificuldades dos cientistas frente às suas questões pode gerar uma identificação por parte dos alunos diante das dificuldades que encontram em seu aprendizado”. Portanto, esse tipo de leitura colaboraria para uma aprendizagem em que os alunos não são apenas receptores de informações, que funcionam como dogmas descontextualizados e desconectados da realidade da sociedade e do trabalho científico, mas sim como atores em seu processo de interpretação e aprendizagem. Estes textos, ao serem utilizados em sua forma original, encontram-se abertos a interpretações, as quais podem se mostrar ricas oportunidades em sala de aula,

tornando o currículo menos engessado e mais moderno (PENGELLEY, 2010; JANKVIST, 2013). Segundo Borrego e outros (1996, p. 46), o uso de textos originais “oferece a possibilidade de propor os problemas e questões de maneira gradual, seguindo o desenvolvimento histórico dos conceitos”. Dessa forma, possibilitam ao aluno a visualização de uma imagem da Ciência para além dos livros didáticos, demonstrando-a em constante transformação e permanentemente conectada a questões sociais, econômicas, políticas, etc. – enfim, humanas.

Dentro deste grupo de autores que defendem o uso de fontes históricas primárias no ensino (neste caso, de Matemática), Barnett e outros pesquisadores (2014) listam alguns benefícios que vem observando em seus anos de pesquisa aplicada na área, os quais, acredito, podem ser estendidos também ao ensino de Ciências:

- Motivação para elaboração de conceitos abstratos;
- Observação do caráter criativo e dos aspectos artísticos e intelectuais da Matemática;
- Oportunidade de testemunhar os problemas/dificuldades e de observar a natureza da prática e a tradição da Matemática, que englobam etapas de pesquisa, divulgação e discussão;
- Montagem de grupos coletivos de alunos e sequências de tentativas para resolver um problema;
- Experiência com o processo de desenvolvimento de um conceito, com seus falsos inícios e triunfos;
- Entendimento e reflexão sobre a direção do desenvolvimento matemático.

O professor, ao optar pela utilização de fontes históricas primárias em sala de aula, precisa ter sempre em mente que essa abordagem pode apresentar três diferentes objetivos, associados entre si ou não (JAHNKE et al., 2000): a Substituição, a Reorientação e o Entendimento Cultural. O primeiro consiste em promover a percepção inicial da área como atividade intelectual, ao invés de somente um conjunto de conhecimentos e técnicas. A Reorientação ocorre quando se deseja mudar a visão que

se tem sobre a história dos conceitos ensinados, demonstrando que eles foram inventados (ou construídos) e não apareceram simplesmente por conta própria. Já o Entendimento Cultural permite a consideração, no ensino, de perspectivas que residem fora das fronteiras disciplinares estabelecidas, possibilitando, inclusive, trabalhos interdisciplinares.

Qualquer que seja o objetivo ou benefício desejado ao se empregarem fontes históricas primárias nas salas de aula, uma pergunta que se coloca, novamente, é: como fazê-lo? Obviamente, não há uma receita pronta a ser seguida; as abordagens de ensino, quaisquer que sejam, variam de acordo com a turma de alunos, as facilidades e dificuldades do professor, as possibilidades dentro da organização escolar, etc. Contudo, algumas experiências positivas descritas na literatura podem ser citadas. Em geral, opta-se por uma sequência relativamente organizada de etapas, que podem ser resumidas dessa maneira: apresentação dos textos aos estudantes; elaboração de perguntas referentes à leitura destes textos; reprodução de experimentos históricos para se chegar a conclusões, quando pertinente; discussão e problematização das ideias dos cientistas apresentados (contexto histórico, social, econômico, político, além da apresentação de embates científicos e paradigmas dominantes); atividade escrita final; etc (JAHNKE et al., 2000).

Bittencourt (2011) destaca ainda que é primordial que o emprego de textos históricos promova a construção de habilidades de verbalização e escrita, sendo então necessária a realização de algumas etapas cruciais durante estas atividades: leitura inicial integral do texto (compreensão do tema central); estabelecimento de relações entre informações prévias que o aluno possua e as novas, presentes no texto e em outros materiais de consulta; identificação e reflexão sobre a forma de veiculação destes conhecimentos; elaboração de notas e esquemas de organização das diferentes informações; releitura do documento a fim de reavaliar o entendimento construído durante a atividade; dentre outras.

Independentemente da forma de abordagem escolhida para o trabalho com os textos históricos (e científicos) em sala de aula, algumas precauções devem ser consideradas quando do planejamento destas atividades, como destaca Bittencourt (2011): o aluno não pode ser encarado como um Historiador e, portanto, subsídios e

acompanhamento por parte do professor (com relação ao contexto histórico, aos personagens envolvidos, às escolas de pensamento do período, etc.) são essenciais nesse processo de ensino-aprendizagem. Ademais, por não serem, em geral, documentos com fins específicos de didática, os textos devem conter informações claras e uma linguagem acessível, evitando assim a interrupção contínua da leitura devido a dificuldades de interpretação¹⁰.

Por fim, Almeida e Rincon (1993) argumentam que o professor, ao realizar atividades de leituras de textos científicos com seus estudantes, não pode criar uma expectativa de obtenção imediata de resultados, principalmente pela escassez de práticas de leitura em nossas salas de aulas de Ciências. Dessa forma, a inserção deste tipo de atividade demanda tempo e dedicação de professores e alunos, produzindo resultados a médio e longo prazo que, contudo, vêm se mostrando muito consistentes e eficientes no que diz respeito à compreensão da natureza da atividade e do conhecimento científico.

Resta, contudo, uma questão crucial: de que forma o professor de Ciências poderá se apropriar, com autonomia, dessa metodologia de trabalho? A presente investigação, ao propor atividades com materiais históricos no Ensino de Química, acaba voltando-se para os métodos e as fontes inerentes ao trabalho historiográfico¹¹, a partir da realização, inicialmente, de uma Pesquisa Histórica.

¹⁰ No presente trabalho, os trechos originais analisados e sugeridos para atividades de ensino de Química foram adaptados às normais atuais de ortografia e gramática da língua portuguesa. Estamos cientes de que a manutenção da linguagem original dos textos é muito importante para o trabalho histórico, porém, por se tratar de um trabalho essencialmente da área de Ensino de Ciências, pensamos ser esta adaptação a melhor alternativa para o emprego e compreensão destes trechos em salas de aula atuais no Brasil, em consonância com a argumentação de Bittencourt (2011) e Matthews (1995).

¹¹ O trabalho historiográfico, ou a Historiografia, é entendido, de forma geral, como a maneira em que a História é escrita e narrada pelos seus investigadores (os historiadores), abarcando também os métodos e as práticas empregados nesta atividade de pesquisa (ARÓSTEGUI, 2006).

5. FONTES HISTÓRICAS PRIMÁRIAS NO ENSINO: OS CAMINHOS DE UMA PESQUISA HISTÓRICA

A modalidade de pesquisa conhecida como Pesquisa Histórica é definida, segundo Cohen e Manion (1994, p. 45), como “a sistemática e objetiva localização, avaliação e síntese de evidências com o objetivo de estabelecer fatos e desenhar conclusões sobre eventos passados”.

Esse tipo de investigação consiste numa busca por informações históricas a partir de experiências e observações de outras pessoas, documentos e arquivos, devendo ser realizada na forma de uma constante reconstrução e análise crítica e não como um pretenso retrato objetivo dos fatos, uma vez que essas fontes são sempre lidas e relidas, interpretadas e reinterpretadas à luz do presente (ARÓSTEGUI, 2006). Nesse sentido, é importante sempre ter em mente, ao se realizar uma Pesquisa Histórica no âmbito da História da Ciência, que um texto científico “é um objeto construído segundo regras variáveis no tempo e no espaço social” (PESTRE, 1996, p. 37). Portanto, segundo Silva (1999), citando o trabalho do historiador francês Roger Chartier, “é preciso ter consciência tanto das distâncias temporais quanto contextuais que separam a produção de textos e sua recepção” (SILVA, 1999, p. 2).

Ao se iniciar uma investigação histórica, o problema de pesquisa deve estar bem definido, pois é a partir dele que as fontes históricas serão escolhidas e é com ele em mente que estas informações encontradas serão analisadas, parte essencial da Pesquisa Histórica; do contrário, haverá um excesso de fontes e informações que trarão uma sobrecarga de análises irrelevantes ao pesquisador (COHEN; MANION, 1994). Nesse caminho, o pesquisador deve estabelecer então seu procedimento de abordagem, ou seja, um guia para orientá-lo nas buscas e análises de seu objeto histórico (ARÓSTEGUI, 2006).

Contudo, é esperado que, nesse percurso, esses planos de pesquisa possam sofrer profundas modificações, associadas principalmente à descoberta de novas informações, fontes, contextos e relações históricas, modificando constantemente os caminhos e possibilidades investigativas a serem seguidas. Todavia, é justamente o estabelecimento de um problema de pesquisa e de objetivos claros que irá manter o trabalho em seu caminho desejado, ainda que diferenciações e diversificações ocorram

concomitantemente (ARÓSTEGUI, 2006). Neste contexto, a escolha dos instrumentos e meios que serão empregados na investigação histórica é primordial: o pesquisador que opta por realizar tal pesquisa deve ter então muito cuidado com as fontes que irá questionar, pois elas devem estar relacionadas ao problema de pesquisa proposto, caso contrário, podem acabar contribuindo para um excesso de informações desconectadas à investigação em si (ARÓSTEGUI, 2006). Dentre essas diversas fontes de conhecimento histórico, destaca-se, no ofício do historiador, o trabalho com os documentos originais (as conhecidas fontes históricas primárias), os quais serão empregados na presente investigação.

As fontes históricas primárias são artefatos/objetos ou documentos (escritos ou orais) produzidos em um determinado período que permitem a observação e análise de informações diretamente, em primeira-mão, de eventos ocorridos em tempos passados. Com elas, é possível ao pesquisador elaborar (e reelaborar) perguntas, e respondê-las, a partir de uma análise crítica e contextual deste material, essencialmente com relação a local, data, pessoas e atividades humanas envolvidas (ARÓSTEGUI, 2006; PINSKY; LUCA, 2009).

É importante destacar ainda que a busca por conhecimentos científicos históricos em fontes primárias não necessita valer-se apenas do que os historiadores, de modo geral, produzem; assim, entendo que também os alunos e seus professores podem partir da análise de materiais produzidos pelos próprios cientistas e comunidades envolvidos na gênese de um determinado conhecimento. Dessa forma, dentro de uma perspectiva de professor ativo e crítico de sua própria prática, este caminho pode ser trilhado pelos docentes que com ele se identificarem.

Acredito, como professora de Química, que um dos principais empecilhos para o trabalho com a História e a Filosofia da Ciência em sala de aula não é somente a falta de propostas práticas e prontas na literatura, que muitas vezes mais parecem “receitas”, mas também nos falta, muitas vezes, conhecer o caminho para que o trilhemos nós mesmos. Penso que nossa formação como professores de Ciências, voltada principalmente para aspectos de conteúdo e didática de ensino de uma determinada disciplina, pode não nos fornecer subsídios para levar adiante uma Pesquisa Histórica. Portanto, passo a apresentar agora minha experiência com esta metodologia de

pesquisa, através de uma breve descrição dos caminhos que trilhei nesta busca por fontes históricas primárias sobre a Ciência e a Tecnologia relacionadas à exploração mineral durante o período colonial brasileiro.

Inicialmente, realizei uma extensa revisão bibliográfica sobre a História e a Filosofia da Ciência e suas aplicações no Ensino, bem como um estudo sobre metodologias de seleção e análise de fontes históricas, dentro da Historiografia em geral (ARÓSTEGUI, 2006; PINSKY; LUCA, 2009). Após essas leituras iniciais, estabelecer meu problema de pesquisa colocou-se como uma etapa essencial, como já discutido anteriormente. Nesse sentido, a escolha de investigar quais eram os conhecimentos químicos envolvidos e aplicados na exploração mineral Brasileira, durante nosso período colonial, colocou-me em contato com inúmeras fontes e personagens históricos desse momento tão importante de nossa História.

Justamente para evitar o problema de excesso de fontes e informações, destacado por Cohen e Manion (1994), e, principalmente, por não ter experiência com a investigação histórica, optei por iniciar minha pesquisa sobre a Ciência e a Tecnologia desse período brasileiro a partir da leitura de fontes históricas secundárias e relativamente atuais. Ou seja, de trabalhos específicos e relacionados ao meu tema de pesquisa, escritos por pesquisadores consolidados no campo dos estudos da História da Ciência Brasileira¹², disponíveis em livros, coletâneas, periódicos, bases de dados em formato digital e seções especiais de revistas da área¹³.

Após estas leituras, elaborei diversos fichamentos destes textos, buscando organizar informações, abordagens, coletâneas e análises de trabalhos de potenciais autores e pesquisadores do período colonial que poderiam ter seus textos (fontes históricas primárias) analisados. Neste momento, a leitura crítica das fontes secundárias me permitiu uma avaliação prévia sobre possíveis autores históricos que estabeleceram, ao longo de sua trajetória científica, relações mais próximas à Química,

¹² A título de exemplo, podem ser citados os trabalhos de Filgueiras (1993; 2001); Figueirôa (1998); Silva (1999; 2004); Ferraz (2000); Dias (2005); Pataca (2006); Varela (2009), dentre muitos outros.

¹³ Como História, Ciências, Saúde - Manguinhos; Revista Brasileira de História da Ciência, Química Nova, The British Journal for the History of Science, etc.

dado que buscava analisar a presença destes conhecimentos em nossas atividades de exploração mineral.

Como segunda etapa desta pesquisa, busquei, em diferentes bases de dados históricas nacionais e internacionais, os potenciais trabalhos científicos históricos, identificados previamente nas fontes atuais secundárias. Foram investigados, essencialmente, dois tipos de bases de dados:

- **Atuais:** periódicos (novamente, História, Ciências, Saúde - Manguinhos; Revista Brasileira de História da Ciência, Química Nova, The British Journal for the History of Science, etc.), livros, teses e dissertações nacionais e internacionais¹⁴, os quais têm como objetivo a divulgação de materiais históricos inéditos ou sua republicação.

- **Históricas:** periódicos¹⁵, livros e textos históricos, do próprio período colonial brasileiro e que podem ser consultados em acervos de bibliotecas, institutos e museus nacionais e internacionais, como a Biblioteca Nacional, o Arquivo Público Mineiro, a Coleção Lamego do Instituto de Estudos Brasileiros-USP, dentre outros possíveis.

Convém destacar aqui importantes iniciativas de digitalização destas fontes históricas, como aquelas tomadas pela Biblioteca Nacional¹⁶, Coleção Lamego¹⁷, Arquivo Público Mineiro¹⁸ e pela plataforma *Google Books*¹⁹, com seu projeto de disponibilização online de livros históricos. Grande parte das fontes primárias que busquei, partindo das citações a autores e trabalhos encontradas nas fontes secundárias, foi obtida através de uma simples pesquisa na Internet (vide tabela 4, ao final deste capítulo, que consiste em um guia para a localização das fontes históricas

¹⁴ Recomendo aqui a consulta ao Banco de Teses e Dissertações da CAPES, para as pesquisas nacionais. Acesso: <http://bancodeteses.capes.gov.br/>

¹⁵ Destaco aqui alguns importantes periódicos do período colonial e também da República: O Auxiliador da Indústria Nacional, O Patriota, Revista do Instituto Histórico-Geográfico Brasileiro, etc.

¹⁶ Acervo digital: <http://bndigital.bn.br/>

¹⁷ Acervo digital: <http://www.ieb.usp.br/busca-acervo>

¹⁸ Acervo digital: <http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/>

¹⁹ Acervo digital: <http://books.google.com/?hl=pt-BR>

que serão aqui empregadas, bem como uma breve contextualização deste material selecionado), dentro das plataformas citadas e de outras, como a própria ferramenta de busca *Google*.

Ainda que muitos debates a respeito dessa disponibilização de fontes históricas em plataformas *online* estejam questionando suas reais intenções e vantagens (tais como a privatização do acesso, ou seja, mediante pagamento de taxas, como já ocorre com periódicos e revistas *online*; e ainda questões jurídicas e de direito digital²⁰), acredito que não se pode ignorar o potencial da Internet e de seus mecanismos de busca e de socialização desses materiais.

Segundo Fajardo (2001), o mundo digital e a Internet, dentro de um processo de globalização das informações históricas, vêm permitindo a redescoberta de inúmeros materiais antes “perdidos” em bibliotecas e acervos, e até mesmo a repatriação, ainda que *online*, de diversos documentos retirados de seus países de origem, principalmente durante períodos coloniais (como é o caso de inúmeros textos brasileiros consultados ao longo dessa pesquisa, que foram encontrados apenas na forma digitalizada e em bibliotecas norte-americanas e inglesas, por exemplo). Destaco, então, que esta facilidade de acesso aos materiais históricos pode representar novos caminhos para a Historiografia, permitindo diferentes leituras, interpretações e reflexões, em um movimento de socialização e divulgação do conhecimento histórico.

Dando continuidade ao trabalho, como terceira etapa, e uma das mais importantes desta investigação, analisei os textos originais encontrados quanto à acessibilidade de sua linguagem, reduzindo-os a um grupo que continha apenas uma apresentação de temas, contextos, pensamentos, discussões e conteúdos químicos considerada como compreensível para o Ensino Médio, evitando, assim, problemas de entendimento por parte dos alunos, acarretando mais prejuízos que benefícios ao processo de aprendizagem, como alerta Matthews (1995)²¹.

Neste momento, a Pesquisa Histórica que estava realizando passou a se hibridizar com a minha própria prática como professora de Química, uma vez que

²⁰ Para maiores informações acerca dessas discussões, ver: Fajardo (2001); Pena e Silva (2008); Sá (2008).

²¹ Destaco novamente aqui a opção, já justificada, pela atualização da ortografia destes textos históricos.

minhas impressões, análises e ideias (de um ponto de vista mais próximo à experiência de sala de aula) certamente influenciaram a leitura que fazia destes materiais históricos. Assim, a escolha dos textos, ainda que vinculada aos meus objetivos e ao meu problema de pesquisa, também foi permeada, de forma mais implícita, pela minha condição, meus questionamentos e minhas experiências docentes, demonstrando os diversos caminhos e possibilidades que a análise de um material histórico pode seguir dentro de uma Pesquisa Histórica (que, talvez, neste momento, passasse a ser também um auto-estudo de uma professora de Química em atividade).

Foi justamente a partir desta perspectiva de professora de Química que realizei a última etapa da investigação, ainda um híbrido entre a Pesquisa Histórica (dado que os contextos histórico, social, temporal e científico destas produções foram, a todo tempo, analisados e considerados nas reflexões construídas) e meus próprios estudos e reflexões do ponto de vista do Ensino de Química. Os textos históricos foram aqui analisados de forma definitiva, buscando-se trechos específicos que apresentavam potencial para sua aplicação em sala de aula, especialmente do ponto de vista da Natureza da Química e também do conhecimento químico com o qual se relacionavam.

Finalmente, destaco que minhas análises e reflexões construídas ao longo desta investigação histórica acerca dos potenciais usos, em aulas de Química, de materiais relacionados à exploração mineral colonial brasileira encontram-se organizadas nos capítulos V e VI. Contudo, anteriormente, ainda no capítulo IV, apresento também uma breve análise, de caráter mais historiográfico, sobre a presença destes conhecimentos químicos ao longo da História de nosso extrativismo mineral, de forma a subsidiar algumas das posteriores discussões e reflexões do ponto de vista da História da Química e de seu ensino.

Tabela 4. Dados de acesso às fontes históricas primárias consultadas

Autor	Título do trabalho	Publicação	Localização da fonte histórica	Contexto de produção do trabalho
José de Sá Bittencourt ACCIOLY	Memoria sobre a viagem do terreno nitroso dos Montes-Altos em 1799	O Auxiliador da Indústria Nacional, v. 3-4, p. 85-114, 1845	Hemeroteca Nacional Disponível em: http://hemerotecadigit	Escrito originalmente em 1800 como um relato da viagem naturalista que realizou em busca de

			al.bn.br/acervo-digital/auxiliador-industria-nacional/302295	salitre em Montes Altos, na Bahia.
Joseph Fernandes Pinto ALPOIM	Exame de Bombeiros	Livro editado em Madrid Oficina de Francisco Martinez Abad, 1748.	Biblioteca Nacional (Brasil) Acervo digital: http://objdigital.bn.br/acervo_digital/div_obrasraras/or96542/or96542.pdf	Escrito em 1748 na forma de perguntas e respostas, a ser usado em aulas de formação militar.
Manuel Ferreira da CÂMARA	Observações físico-econômicas acerca da extração do ouro das minas do Brasil	Manuscrito publicado originalmente em 1789, hoje no catálogo da British Library, em Londres	MENDONÇA, M. C. O Intendente Câmara. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1958	Escrito em 1789 como uma reflexão técnica, política e econômica acerca da exploração do ouro no Brasil
José Vieira COUTO	Sobre as salitreiras naturais de Monte Rorigo: maneira de as auxiliar por meio das artificiais; refinaria do nitrato de potassa, ou salitre	O Auxiliador da Indústria Nacional. Rio de Janeiro, v. 9, p. 390-425, 1840	Hemeroteca Nacional Disponível em: http://hemerotecadigital.bn.br/acervo-digital/auxiliador-industria-nacional/302295	Escrito originalmente em 1803, após viagem de investigação e prospecção de salitre pelo Monte Rorigo, em Minas Gerais
José Vieira COUTO	Memoria sobre a capitania de Minas Geraes	Revista do IHGB, tomo 11, 1848	Arquivo da Revista do IHGB Disponível em: http://www.ihgb.org.br/rihgb.php?s=19	Escrito originalmente em 1799, após viagem de investigação mineral pela capitania de Minas Gerais
José Vieira COUTO	Memoria sobre as minas da capitania de Minas Geraes	Revista do Arquivo Público Mineiro, ano 10, 1905.	Revista do Arquivo Público Mineiro Disponível em: http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/module/rapm/brtacervo.php?cid=371&op=1	Publicado originalmente em 1801, descreve nova viagem mineralógica do autor pelo território de Minas Gerais
João da Silva FEIJÓ	Discurso político sobre as minas de ouro do Brasil	Manuscrito publicado originalmente em 1797, hoje no catálogo do Museu Paulista, coleção José Bonifácio	SILVA, C. P.; LOPES, M. M. O ouro sob as Luzes: a 'arte' de minerar no discurso do naturalista João da Silva Feijó (1760-1824). História, Ciências, Saúde - Manguinhos, v. 11, n. 3, p. 731-50, 2004.	Escrito em 1797, tendo permanecido na forma de um manuscrito, consistia em uma tentativa de defesa da recuperação das minas de ouro brasileira

João da Silva FEIJÓ	Memória sobre a capitania do Ceará	O Patriota, tomo 3, n. 1, 1814	Biblioteca Brasileira Disponível em: http://www.bbm.usp.br/node/27	Publicada originalmente em 1814, após viagem naturalista pela capitania do Ceará
Alexandre Rodrigues FERREIRA	Prospecto Filosófico e Político da Serra de São Vicente	Manuscrito publicado originalmente em 1790, hoje no catálogo da Biblioteca Nacional, no Rio de Janeiro	SOARES, J. P. M.; FERRÃO, C. Viagem ao Brasil - v. III. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2007	Escrito em 1790 durante sua viagem pelo Mato Grosso, descreve amostras de ouro obtidas em suas prospecções e enviadas à Lisboa
Antônio Pires da Silva Pontes LEME	Memória sobre a utilidade pública em se extrair ouro das minas e os motivos dos poucos interesses que fazem os particulares, que minerão igualmente no Brasil	Revista do Arquivo Público Mineiro, Belo Horizonte, v. 1, 1896	Revista do Arquivo Público Mineiro Disponível em: http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/modules/rapm/brtacervo.php?cid=371&op=1	Publicada originalmente entre 1800-1805, trata da extração de ouro nas capitanias de Mato Grosso e Minas Gerais
DESCONHECIDO	O Salitre	O Auxiliador da Indústria Nacional. Rio de Janeiro, v. 4, p. 227-239, 1855	Hemeroteca Nacional Disponível em: http://hemerotecadigital.bn.br/acervo-digital/auxiliador-industria-nacional/302295	Trata-se de um compêndio publicado pelo próprio periódico, a fim de reunir os conhecimentos disponíveis até então sobre o salitre
João Manso PEREIRA	Cópia de uma carta sobre a nitreira artificial estabelecida na Villa de Santos, da Capitania de S. Paulo	Livro publicado por Frei J. M. da C. Velloso, Lisboa, 1800.	Biblioteca Brasileira Disponível em: http://www.bbm.usp.br/node/27	Descreve as investigações e observações realizadas, a pedido da Coroa, a respeito da construção de uma nitreira artificial em Santos
João Manso PEREIRA	De alguns fenômenos que se apresentaram tentando-se a análise do mineral descoberto pelas diligências do Ilmo. Sr. Conde vice-rei	Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, a. 163, n. 416, 2002	Arquivo da Revista do IHGB Disponível em: http://www.ihgb.org.br/rihgb.php?s=19	Publicada originalmente em 1800, descreve as análises físicas e químicas realizadas, em 1795, em amostras minerais encontradas no território nacional
Joseph Barbosa de SÁ	Dialogos geograficos chronologicos politicos e naturais escriptos	Manuscrito publicado originalmente em 1769, hoje no catálogo da Biblioteca Pública Municipal do	GUIMARÃES, M. G. A. A América Portuguesa vista de Mato Grosso: Os Diálogos de José Barbosa de Sá (2a	Descrição completa dos aspectos geográficos, cronológicos, políticos e naturais da atual

		Porto (nº 235). Cópia existente no Instituto Histórico-Geográfico Brasileiro (Tombo: 1.3.4)	metade do século XVIII), Universidade Portucalense, 2013	região Centro-Oeste do Brasil
José Bonifácio de Andrada e SILVA; Martim Francisco Ribeiro de ANDRADA	Viagem mineralógica na província de São Paulo	Manuscrito publicado originalmente em 1820, hoje no catálogo da Biblioteca Municipal Mário de Andrade, em São Paulo	Disponível em: http://www.obrabonifacio.com.br/principais_obras/pagina/12/	Descrição da viagem mineralógica realizada pelos irmãos Andrada durante o ano de 1820 pela província de São Paulo

Capítulo II - Uma breve História da Química

“Habitamos um universo onde os átomos são formados no centro das estrelas, onde a cada segundo nascem mil sóis, onde a vida é lançada pela luz solar e acesa nos ares e águas dos planetas jovens, onde a matéria-prima para a evolução biológica é algumas vezes obtida de uma explosão de uma estrela na outra metade da Via Láctea, onde algo belo como uma galáxia é formada cem bilhões de vezes, um Cosmos de quasares e quarks, flocos de neve e pirilampos, onde pode haver buracos negros, outros universos e civilizações extraterrestres cujas radiomensagens estão até este momento atingindo a Terra. (...) Como é importante para nós nos dedicarmos a entendermos a ciência, este esforço caracteristicamente humano.” (SAGAN, 2011 – tradução minha)

Ainda que a Química, como Ciência, tenha uma história relativamente recente, seus conhecimentos, técnicas e estudos estão conectados à vida humana há milhares de anos (HUDSON, 1992). Trata-se também de uma área de conhecimento permeada por múltiplos saberes e ramificações, que se estendem para além de uma identidade única e própria, estabelecendo fortes conexões com a Agricultura, a Farmacologia e a Medicina, a Astronomia, a Geologia, etc. (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1996). Portanto, falar sobre uma História da Química coloca-se como um grande desafio para os historiadores das Ciências, principalmente devido ao grande volume de informações já conhecidas e àquelas ainda por serem investigadas.

Como previamente destacado, neste trabalho, busco uma reflexão sobre os conhecimentos químicos envolvidos nas atividades de exploração mineral realizadas no Brasil colonial, em especial entre o final do século XVIII e o início do século XIX. A fim

de melhor situar minhas discussões, opto aqui por inserir uma breve análise da História da Química, com maior enfoque nesse período histórico, que coincide (não acidentalmente, é claro) com o chamado Iluminismo Europeu. É importante destacar ainda que, como em qualquer escrita sobre a História das Ciências, esta análise tratará das mais variadas teorias e embates científicos desta área, buscando mostrar a usual ausência, ao longo da História da Química, de um consenso de opiniões e práticas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Ao realizar esta pequena revisão histórica sobre a Química, acredito na importância da compreensão, por parte de professores e de seus estudantes, do contexto de produção dos conhecimentos químicos que aqui serão abordados, notadamente relacionados aos trabalhos dos Iluministas europeus e de seus sucessores, incluindo-se nessa lista trabalhadores, técnicos e naturalistas de Portugal e de suas colônias, como o Brasil (COSTA, 1984).

1. OS CONHECIMENTOS QUÍMICOS NA ANTIGUIDADE

Considerando-se que as ciências químicas preocupam-se com o estudo dos materiais e das transformações por ele sofridas (naturalmente ou artificialmente), sua História pode ser traçada até períodos muito antigos de nossas civilizações, quando, por exemplo, o homem passou a controlar e manipular o fogo e, posteriormente, a dominar explorar alguns metais, como o ouro, o cobre e o ferro (CHASSOT, 1995; VANIN, 2010). Contudo, as primeiras teorias e ideias a esse respeito começam a surgir apenas alguns séculos antes de quando se concebe o nascimento de Cristo. Acredita-se que os Babilônios (no atual Iraque) consideravam a água como o material que daria origem a todos os outros, enquanto que os Egípcios estudavam o comportamento da matéria de um ponto de vista mais utilitarista, relacionando-o com atividades de agricultura e manufatura.

Estes povos, juntamente aos Assírios (norte do atual Iraque), estabeleceram importantes conexões geográficas, comerciais e científicas ao longo de mais de 2000 anos e iriam influenciar, no futuro, o pensamento e os estudos do povo grego

(HUDSON, 1992). Dentre essas influências, as hipóteses sobre a existência de uma possível relação entre o comportamento do macrocosmo e do microcosmo e sobre a formação da matéria a partir de elementos, tão caras aos povos da Mesopotâmia antiga, foram as bases para a Filosofia Grega, principalmente para seu principal expoente nesta área: Aristóteles (VANIN, 2010).

Retomando as ideias de Empédocles (ativo por volta de 450 a.C.) sobre a composição da matéria (suas matrizes primordiais e imutáveis seriam: terra, ar, fogo e água), Aristóteles (384-322 a.C.) chamou seus quatro componentes de “elementos” e sustentou que estes poderiam ser transformados uns nos outros, através da remoção ou adição de “qualidades” (quente, frio, úmido e seco). Enxergando uma contraposição a suas próprias ideias, rejeitou a teoria atômica da matéria (proposta essencialmente por Leucipo e divulgada por seu pupilo Demócrito, ao redor de 420 a.C.), na qual essa seria formada por átomos indivisíveis e de diferentes formatos, e mudanças nos arranjos desses átomos ocasionariam transformações químicas (HUDSON, 1992).

Ainda que não tenha se preocupado em fornecer evidências empíricas para sua teoria sobre a matéria, Aristóteles viu seus pensamentos adquirirem grande importância na Filosofia Grega, a qual se estendeu e influenciou cientistas e pensadores até, no mínimo, o século XVI, diminuindo, assim, a importância da corrente atomística na Ciência ao longo dos séculos seguintes (HUDSON, 1992). Grande parte desta influência pode ser atribuída a um de seus discípulos, Alexandre, o Grande (356-323 a.C.) que, na busca pelo florescimento e valorização das tradições gregas, egípcias e orientais, criou as bases para a fundação de Alexandria, cidade que viria a ser o local de encontro dos mais diversos pensamentos e culturas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

É em Alexandria que nasce uma ciência mais prática e experimental, inicialmente sem pretensões místicas ou filosóficas, mas sim preocupada com receitas artesanais e, principalmente, com a manipulação de metais para sua transformação em ouro: a Alquimia (HUDSON, 1992; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

2. A ALQUIMIA E A ORIGEM DAS TÉCNICAS QUÍMICAS

Iniciada, no mundo ocidental, na cidade de Alexandria, durante o período helenístico grego, a Alquimia é considerada por muitos como predecessora da Química. Ainda que, a princípio, tenha sido relacionada essencialmente à execução de atividades práticas, ao resgatar os tradicionais pensamentos egípcios (como as relações astrológicas com os fenômenos terrestres) e gregos (como os quatro elementos de Aristóteles), a alquimia helenística incorporou importantes elementos filosóficos e astrológicos, considerando o conhecimento como caminho para salvação²² (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Suas atividades laboratoriais em busca do famoso elixir da vida²³ levaram ao desenvolvimento de um grande número de técnicas ainda hoje de extrema relevância para a Química (como a destilação, a solubilização e a sublimação) e à descoberta de inúmeras substâncias químicas (ácidos minerais, etanol, etc.). Um dos mais importantes conjuntos de textos alquímicos deste período é atribuído a Zóximo (século V d.C., já no final do período helenístico), que buscou compilar as principais técnicas e referências da alquimia tradicional. Em seus trabalhos, podemos observar menções não somente às mais diversas atividades experimentais e pensamentos místicos e filosóficos, mas também a todo um conjunto simbólico que viria a ser muito influente na simbologia da própria Química (HUDSON, 1992; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

²² Pensamentos muito caros também à alquimia chinesa (relacionada ao taoísmo) e à indiana (tantraísmo), ainda que haja diferenças importantes entre estas correntes.

²³ Também conhecido como a “pedra filosofal”; Zóximo o descrevia como a “tintura” necessária para enobrecer os metais até que se tornassem ouro, processo chamado também de “cura dos metais” (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Symbol	Metal	Planetary Analogue
☉	Gold	<i>Sol</i> , Sun
☾	Silver	<i>Luna</i> , Moon
♃	Tin	Jupiter, Jove
☿	Mercury	Mercury
♀	Copper	Venus
♂	Iron	Mars
♄	Lead	Saturn

Figura 4: Símbolos alquímicos, de inspiração planetária, para alguns metais (cerca de 500 a.C.)
(LINDEN, 2003)

A fase helenística da alquimia durou até cerca do século VII d.C., quando passou a ser incorporada à cultura árabe, devido à expansão do Islã pela Ásia e pela Europa. Muito influenciados tanto pela alquimia grega (cujos trabalhos foram traduzidos para o árabe) quanto pela chinesa (através de contatos via Rota da Seda), os alquimistas árabes também se inspiraram nos elementos de Aristóteles. Contudo, baseavam suas interpretações acerca da natureza da matéria em dois princípios (enxofre e mercúrio), teoria conhecida como Jabiriana, e, assim como seus predecessores, explicavam os fenômenos de combustão do metal pela existência de um princípio combustível (HUDSON, 1992; VANIN, 2010). Os alquimistas árabes aperfeiçoaram ainda as técnicas de destilação e extração e de produção de fármacos, papel, tintas, etc., e primavam pela precisão na realização e descrição de procedimentos experimentais, dedicando-se ao conhecimento prático e reprodutível. Preocupavam-se ainda com a classificação das várias substâncias conhecidas até então e com o conhecimento e reprodução dos fenômenos naturais em laboratórios, culminando em operações longas e minuciosas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

A partir do século XII, textos médicos e científicos árabes começam a ser acessados por acadêmicos europeus, especialmente na região do mar Mediterrâneo, onde as primeiras traduções para o latim foram realizadas. Os alquimistas europeus, seguindo a tradição até então, incorporaram em seus estudos os quatro elementos de Aristóteles (aos quais adicionaram um quinto, também inspirado neste pensador, chamado de “quintessência”) e os dois princípios árabes (expandidos para três, com a

tardia adição do sal, por Paracelsus, ao grupo), bem como aprimoraram e desenvolveram inúmeras novas técnicas laboratoriais, como a destilação de vinhos e o uso de condensadores (HUDSON, 1992).

Ao longo dos próximos séculos, a alquimia europeia passou a se concentrar cada vez mais nos aspectos místicos e filosóficos das operações laboratoriais, afastando-se dos estudos empíricos e racionais sobre a natureza da matéria. Surge então uma alquimia cristã, inserida em um contexto de conexão entre os poderes humanos, as transformações da matéria e os segredos da criação e da salvação. Apesar de encontrar inimigos nestes novos territórios, a alquimia se enriquece de temas próprios do cristianismo (como São Jorge e seu dragão, e a busca pelo Graal) e passa a ser praticada inclusive por membros de ordens religiosas, como Tomás de Aquino (1228-1274), Roger Bacon (1214-1294) e Raymond Lulle (ca.1235-1315), aliando misticismo, teologia e práticas laboratoriais (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Com o advento da imprensa com tipos móveis, por volta de 1450, variados textos alquímicos tornaram-se acessíveis não apenas aos iniciados nestas operações, originando uma grande quantidade de materiais dedicados à exposição de pensamentos sobre a natureza e a matéria e de procedimentos práticos²⁴, constituindo verdadeiros tratados sobre a tecnologia química empregada até o século XVI (HUDSON, 1992). Contudo, na entrada do século XVII, a alquimia passa a sofrer influências e a ser repensada dentro de um embate que começa a ser travado entre três distintas tradições gregas/helenísticas a respeito da natureza da matéria: aristotélica, mágica e mecânica. Inicia, então, seu processo de conversão para uma Ciência considerada mais moderna, a Química (HUDSON, 1992).

²⁴ Podem ser citados, por exemplo, os trabalhos técnicos “De La Pirotechnia”, de Vannuccio Biringuccio (1480-1539) e “De Re Metallica”, de Georg Bauer (1494-1555), conhecido como Agrícola. Já na área da medicina (que, ao associar-se com a Alquimia, passou a ser chamada de Iatroquímica), destacam-se os trabalhos de Paracelsus (1493-1541).

3. SÉCULO XVII: DA ALQUIMIA À QUÍMICA

Segundo Bernardette Bensaude-Vincent e Isabelle Stengers (1996), não se pode considerar que a transição da Alquimia para a Química tenha sido um processo abrupto e de ruptura. Torna-se muito mais interessante a visão desta passagem como um processo contínuo e duradouro, em que técnicas, teorias e hipóteses hibridizam-se até tomarem formas definitivas. Neste contexto, sir Isaac Newton (1642-1727) pode ser considerado o mais proeminente exemplo de homem de seu tempo, uma vez que aliava seus pensamentos mecanicistas com as teorias mágicas e místicas da alquimia (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Dentro deste hibridismo de hipóteses e pensamentos do período, as visões aristotélica, mágica e mecânica sobre a natureza da matéria passaram a ser confrontadas e pensadas. A primeira, como já discutido neste trabalho, defendia que as transformações sofridas pela matéria eram constantes em nosso planeta e que as substâncias possuíam dois tipos de propriedades: as elementares (como cor, densidade, sabor, etc.) e as ocultas (incapazes, portanto, de serem explicadas). Já a visão mágica baseava-se nos supostos trabalhos de Hermes Trismegistus, encontrados após a queda de Constantinopla, em 1453. Acreditava-se que ele havia recebido revelações divinas sobre a natureza do mundo físico, relacionadas à ocorrência de fenômenos místicos e aos milagres do Cristianismo (HUDSON, 1992).

Por fim, a tradição mecânica, influenciada pelas primeiras publicações impressas na Europa dos trabalhos históricos de Arquimedes, em meados do século XVI, prezava pela explicação do mundo como um grande mecanismo, que funcionaria segundo leis universais e imutáveis. Neste contexto, importantes pensadores, como Galileu Galilei (1564-1642), Pierre Gassendi (1592-1655), René Descartes (1596-1650) e Robert Boyle (1627-1691) passam a retomar algumas ideias gregas mecanicistas e, dentre elas, o atomismo, até então pouco explorado (HUDSON, 1992). Essas novas ideias mecanicistas passam a fomentar o crescimento das ciências experimentais, através de observações e execuções de experimentos, que se tornam primordiais nos estudos sobre a natureza. Neste sentido, podem-se citar os estudos experimentais de Jean-

Baptiste Van Helmont (1577-1640) sobre o que hoje chamamos de gases²⁵. Helmont fez um extenso uso de técnicas quantitativas, empregando balanças e medidas precisas em análises de diversas substâncias, chegando à conclusão sobre a impossibilidade do processo de transmutação alquímica (HUDSON, 1992; BENSUADE-VINCENT; STENGERS, 1996).

É importante destacar ainda o papel de Robert Boyle neste contexto, uma vez que é considerado o primeiro e mais engajado cientista a tentar produzir interpretações mecanicistas sobre a natureza dos fenômenos químicos. Este pensador travou uma batalha contra as hipóteses dos elementos ou princípios da matéria e defendeu a ideia de que essa era formada por partículas últimas que, juntas, formariam os elementos, com seus diferentes tamanhos, formatos e movimentos (conhecida como “teoria dos corpúsculos”) (HUDSON, 1992).

Boyle, assim como Helmont e outros cientistas da época, passa a se concentrar nos estudos sobre as reações de combustão e sobre os gases, dando início ao que seria, no século XVIII, a era dos estudos pneumáticos. Neste contexto, já em finais do século XVII, começam a surgir algumas importantes teorias unificadoras para a Química, especialmente relacionadas ao fenômeno da combustão. Dentre elas, a que talvez tenha obtido maior aceitação foi a teoria do flogisto, de Georg Ernst Stahl (1660-1734) (HUDSON, 1992). Esta teoria, inspirada nos trabalhos de Johann Joachim Becher (1635-1682), consiste na ideia de que todas as substâncias combustíveis possuem em sua composição um elemento chamado de flogisto, que é liberado em combustões (flogisto positivo, que gera perda de massa após o processo) e calcinações (flogisto negativo, que gera ganho de massa ao final da reação). O flogisto seria um material muito sutil, que somente poderia ser detectado quando saísse de um material que o contivesse e, em alguns casos, poderia aparecer sob a forma de fogo, calor ou luz (HUDSON, 1992; BENSUADE-VINCENT; STENGERS, 1996).

²⁵ À época, chamados de “ares” ou “fluidos elásticos”.

4. SÉCULO XVIII: O ILUMINISMO E A CONQUISTA DE UMA IDENTIDADE QUÍMICA

O século XVIII, conhecido como o “Século das Luzes”, foi marcado por uma nova visão de mundo, iniciada ainda no século XVII, na qual a razão e a Ciência (vinculadas às ideias mecanicistas) deveriam se sobrepor à religião e ao misticismo ao lidar com novos conhecimentos e formas de produção. Estes novos pensamentos, que também se fundamentavam nos campos da política e da economia, levaram a inúmeras investigações na área das Ciências Naturais, que encontraram, durante o século XVIII, um período de grande prestígio junto aos países europeus e suas colônias (BRAGA; GUERRA; REIS, 2005).

No campo da Química, este século constitui um marco histórico para sua consolidação como ciência formal. Segundo Bensaude-Vincent e Stengers (1996), as principais tarefas dos químicos deste período estavam relacionadas à racionalização da Química, através da diferenciação das propriedades de um corpo, da elaboração de inventários e de classificações de reações, substâncias, processos, etc., tão numerosos, essencialmente, devido às produções alquímicas predecessoras. Enfim, havia a busca por identidade própria e por um status científico, relacionado também ao prestígio social desta Ciência (CARNEIRO, 2006).

Em uma época permeada pela teoria mecanicista de Newton, os estudos e explicações sobre atração e repulsão (“afinidades”) entre as partículas domina o pensamento dos químicos, que passam a sonhar com a adequação de sua Ciência aos novos tempos, algo que seria atingido, essencialmente, através da experimentação. Desta forma, buscando adaptar-se a um século regido pela racionalidade e por novas formas de produção, a Química passa a demandar, em processo já iniciado no século anterior, o desenvolvimento de novos conhecimentos e resultados, em detrimento à insistência no trabalho especulativo e místico, resquícios de sua conexão com a Alquimia (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Inicia-se, portanto, um processo de substituição de ideias relacionadas a espíritos e almas das substâncias, como a teoria qualitativa do flogisto de Stahl (aceita por grande parte dos cientistas até por volta de 1770), por conceitos e explicações fortemente embasados por atividades empíricas, repetitivas e quantitativas. Experimentos são realizados e reproduzidos

incansavelmente, na busca por uma padronização e classificação das propriedades e comportamentos das diversas substâncias conhecidas, e também por uma explicação da ocorrência de reações químicas. Essas passam, então, a serem estudadas não apenas como forma de produção de novos materiais, mas também como fenômenos manipuláveis e alteráveis (por temperatura, presença de água, etc.) (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

Dentre as atividades realizadas no século XVIII, os químicos pneumáticos, na sequência de práticas iniciadas no século anterior, destacam-se como o grupo mais significativo para a consolidação da Química como ciência moderna. Joseph Black (1728-1799), Henri Cavendish (1731-1810), Joseph Priestley (1733-1804), Karl-Wilhelm Scheele (1742-1786) e Antoine Lavoisier (1743-1794) são alguns dos importantes nomes que se dedicaram, neste período, aos estudos dos gases, produzindo, isolando e analisando uma grande quantidade destes materiais.

Lavoisier, como parte de seu projeto de renovação da Química, buscando a tão desejada libertação de suas raízes místicas, utiliza estas novas descobertas para implantar um novo programa de classificação química, dissociada do flogisto de Stahl, fornecendo novas interpretações aos experimentos então realizados. Lavoisier substitui a explicação do flogisto pela ideia do “calórico”, uma substância material do calor (ou matéria do fogo), que existiria entre as moléculas de uma substância, conferindo-lhe capacidade de expansão (observada nos estudos sobre os gases) e, inclusive, explicando os diferentes estados físicos da matéria (HUDSON, 1992; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). Com a ajuda de um laboratório equipado, Lavoisier constrói um percurso quantitativo para a Química, que passa a ser medida e analisada do ponto de vista matemático, em voga nas Ciências Naturais nesta época. Suas teorias ganham força e passam a ser defendidas e divulgadas por inúmeros seguidores, dando-lhe a fama de “pai da Química moderna” (principalmente após a publicação de seu “Tratado Elementar de Química”, em 1789). Ademais, juntamente com outros importantes químicos do período, como Guyton de Morveau (1737-1816), Claude Berthollet (1748-1822) e Antoine Fourcroy (1755-1809), busca a padronização e a formalização da Química como Ciência, publicando, em 1787, o texto “Método de Nomenclatura Química”, que, ao final do século, já era adotado e lecionado por toda a

Europa (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996).

O legado do século XVIII para a Química vai ecoar e ser a base de suas novas investigações durante o século XIX. O desenvolvimento da experimentação, o calórico e as teorias de atração e repulsão entre partículas permanecerão como foco dos estudos químicos neste próximo século, originando importantes trabalhos na área de atomística (com John Dalton), composição da matéria e estudos dos gases (com Louis Joseph Gay-Lussac), proporções ponderais e volumétricas (com Amedeo Avogadro e Jöns Jakob Berzelius), etc. (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1996). É neste contexto de transição e consolidação de uma Química mais moderna que os estudos e as técnicas de exploração mineral no Brasil serão preponderantemente realizados, envolvendo antigos e novos conceitos, nomenclaturas e experimentações, que aqui passaram a se amalgamar com técnicas e experiências produzidas por trabalhadores e estudiosos nacionais.

Ainda que breve, essa pequena narrativa histórica do desenvolvimento da Química permite notar as diversas mudanças que suas atividades, formas de pensamento e níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico) vêm sofrendo ao longo de sua História. Partindo dessa observação, podemos esperar que a leitura de materiais históricos, como os textos originais de cientistas e técnicos envolvidos neste percurso, possibilite uma rica análise de como estas características relevantes da Química foram discutidas e incorporadas por estes personagens, bem como de sua transformação e consolidação como a ciência que conhecemos atualmente.

Capítulo III - As Ciências no período colonial brasileiro

“A destruição do passado – ou melhor, dos mecanismos sociais que vinculam nossa experiência pessoal à das grandes gerações passadas – é um dos fenômenos mais característicos e lúgubres do final do século XX. Quase todos os jovens de hoje crescem numa espécie de presente contínuo, sem qualquer relação orgânica com o passado público da época em que vivem. Por isso os historiadores, cujo ofício é lembrar o que os outros esquecem, tornam-se mais importantes que nunca no fim do segundo milênio.”
(HOBBSAWM, 1995, p. 13)

A Historiografia da Ciência, ou seja, a produção histórica sobre a Ciência, seus personagens, embates, paradigmas e experimentos, sofreu profundas modificações ao longo do século XX e, em especial, a partir da década de 1970. Até então, estes estudos apresentavam uma perspectiva fortemente positivista, aliada a um idealismo de neutralidade, universalidade, linearidade histórica e objetividade da Ciência.

Um dos trabalhos centrais dentro dessa redefinição da historiografia e da própria Ciência foi “A estrutura das Revoluções Científicas”, de Thomas Kuhn, publicado pela primeira vez em 1962. Neste livro, o autor discute a importância de se pensar a História da Ciência como um estudo de fatores científicos (internos a ela) e extra-científicos (fora de sua esfera) na elaboração do próprio conhecimento. Portanto, chama a atenção para a necessidade de se ver a Ciência e o cientista dentro um contexto social, político e econômico, levando a uma reconsideração, dentre outros fatores, das tradicionais características de neutralidade e objetividade científica (KUHN, 2009).

Sobre essa nova visão da Ciência e sua inserção em um contexto maior, Figueirôa (1992) afirma que:

Esta postura renovada em relação ao que se deve considerar ciência e como ela se desenvolve permite-nos assumir que a ciência é uma instituição social que não difere nem possui um status epistemologicamente superior ao de outros campos de conhecimentos e crenças, como a religião, a arte, etc. (FIGUEIRÔA, 1992, p. 4)

Pestre, em 1995 [1996], fez um balanço de 20 anos dessas novas tendências no estudo da História da Ciência, apresentando-as como uma renovação metodológica em que se privilegiam princípios analíticos como a ‘simetria’ e a ‘imparcialidade’, ou seja, dá-se voz tanto aos “vencedores” quanto aos “perdedores” da História, bem como se consideram, nessa análise, condições culturais, políticas e sociais de uma época e/ou contexto geográfico de produção do conhecimento em Ciência e Tecnologia. Essa nova História da Ciência abriu diversos novos campos de estudo sobre a Ciência, antes ignorados simplesmente porque não eram considerados válidos. Uma das maiores contribuições da nova historiografia foi justamente a de chamar a atenção para a importância do contexto em que determinado conhecido é estudado/produzido. Neste sentido, começam a surgir trabalhos sobre a Ciência não-europeia, ou seja, feita em novos e diferentes locais daqueles considerados como “principais” ou “vencedores” dentro da visão histórica tradicional eurocêntrica.

É importante destacar, inicialmente, que esta nova Historiografia da Ciência não levou imediatamente à valorização destes novos contextos de estudo; na verdade, ainda que tenha havido uma renovação nas ideias centrais desta área, seu foco continuava nos centros tradicionais de produção de conhecimento (LAFUENTE; ORTEGA, 1992). O que ocorreu, na verdade, foi uma chamada de atenção para outros locais de produção científica e tecnológica, ainda que inicialmente sutil. Filgueiras (2001) aponta que:

O aparecimento de uma ciência central, abrangente e excludente, é um fenômeno que coincide com a expansão colonial européia decorrente das navegações dos séculos 15 e 16. A ciência e a técnica passaram a ser instrumentos centrais nesse processo de luta pela hegemonia no mundo, a partir daí pela primeira vez globalizado de fato. Uma vez

instalado o paradigma de uma ciência central, o que dele não fizer parte será periférico ou marginal. (FILGUEIRAS, 2001, p. 709)

Desta maneira, a nova Historiografia da Ciência, ao buscar mudanças nas visões tradicionais, culminou, já no início da década de 1980, em importantes trabalhos sobre estes contextos inexplorados, chamados de “periféricos” por Filgueiras (2001). Encabeçados por pesquisadores dessas regiões, essas investigações históricas iniciam um novo capítulo dos estudos da Ciência, por exemplo, latino-americana. Destacam-se importantes iniciativas, no âmbito da América Latina, como a fundação da Sociedade Latino-americana de História da Ciência e da Tecnologia, em 1982, e da Revista *Quiju*, em 1984 (LAFUENTE, 1998).

Não podemos considerar, é claro, que antes da década de 1980 não se estudasse a História da Ciência no contexto latino-americano. Diversos foram os pesquisadores, já no início do século XX, que se dedicaram a tal tarefa, como Fernando de Azevedo que, entre as décadas de 1940 e 1950, realizou investigações sobre a Ciência Brasileira. Contudo, o que quero destacar aqui é que, até este período, o que se via sobre as práticas científicas desta região não era considerado, em geral, Ciência de qualidade. Isto porque o modo de se analisar o que aqui era produzido, como aquele usado por Fernando de Azevedo, baseava-se em uma visão europeia e descontextualizada sobre o “fazer Ciência”. Assim, concluíam-se rapidamente que no Brasil (assim como no restante da América Latina) não havia Ciência de fato até o século XIX (SALDAÑA, 1996).

Além dos já aqui citados, podemos destacar outros pesquisadores, em especial brasileiros, adeptos e desbravadores dessa nova Historiografia da Ciência latino-americana, onde se insere o problema de investigação do presente trabalho: Dantes (1988), Figueirôa (1992), Lopes (1993), Ferraz (1995b), Silva (1999 e 2004), Pataca (2006), Domingues (2009), Varela (2009), Kury (2012), Fonseca (2012), etc.

De forma mais específica, o período com o qual trabalho na presente dissertação coincide com a posição do Brasil como colônia de Portugal, especialmente durante o século XVIII, em que as atenções políticas e econômicas portuguesas, e seus interesses exploratórios, voltam-se mais definitivamente ao nosso território. Esse

período é conhecido como a Ilustração Brasileira, uma manifestação do Iluminismo vigente na Europa no contexto ibérico e ibero-americano, e que adentra o século XIX, manifestando-se ainda durante os primeiros anos do Império (DIAS, 2005).

Anteriormente a este momento, principalmente entre os séculos XV e XVII, Portugal encontrava-se em uma posição privilegiada no continente europeu advinda do chamado período das “Grandes Navegações”, em que a exploração marítima de regiões como a costa da África, a América e as Índias dominou seus investimentos e esforços militares, econômicos e políticos. Neste contexto, a fixação de entrepostos comerciais no litoral ocidental africano e de outras colônias permitiu ao país posição vantajosa na exploração de minerais, como o ouro, de especiarias e de escravos, dando início a um período de intensa lucratividade aos portugueses (SILVA, 1999).

Contudo, a partir do século XVII, encontramos Portugal com vastos domínios coloniais, mas também em uma grave decadência, com sua dependência da Inglaterra cada vez mais acentuada, decorrência de vultosos empréstimos para fazer face à retomada de sua autonomia estatal após a Restauração (isto é, separação da Espanha após ser dominado durante o período da União das Coroas Ibéricas). Ainda que possuísse vastos domínios coloniais, obtidos durante o período do capitalismo comercial das Grandes Navegações, o poderio econômico português era pequeno quando comparado à França, Holanda ou Inglaterra, o que acabou por deixar Portugal à margem da liderança comercial e política europeia. Portanto, no século XVIII, frente a um novo tipo de capitalismo, Portugal constata que pouco acompanhou a mudança para uma tendência mais industrial e manufatureira e, assim, tornou-se cada vez mais dependente dos avanços científicos e tecnológicos de outros povos europeus (SILVA; FIGUEIRÔA, 2004).

Neste contexto, suas colônias passam a ser, mais do que nunca, uma saída para a economia portuguesa, principalmente por serem responsáveis, como é o caso do Brasil, pelo fornecimento de grande parte da matéria-prima mineral (ouro e ferro) vendida na Europa. Buscando fortalecer as relações colônia-metrópole, bem como intensificar as atividades exploratórias no âmbito da mineração e da agricultura no território brasileiro, Portugal estabeleceu um intenso período de povoamento destas terras, que passaram a receber um grande contingente de imigrantes portugueses

(enviados para coordenar as principais atividades extrativas) e de escravos africanos (a trabalhar forçadamente nestas atividades), que deixariam suas marcas profundas na cultura e na História do Brasil (ALENCASTRO, 2000).

O crescimento das atividades de exploração e de povoamento do território brasileiro teria grandes impactos na balança comercial portuguesa, não apenas com relação ao fornecimento de matéria-prima, mas também devido à criação de um mercado consumidor amplo e crescente para os produtos manufaturados portugueses, estabelecendo fortes conexões econômicas entre metrópole e colônia (SILVA, 1999). Neste sentido, diversas foram as ações do Marquês de Pombal (Sebastião José de Carvalho e Melo) em nome do governo português, entre 1750 e 1777, que visaram reforçar e coordenar a produção, a arrecadação de impostos e a venda de mercadorias pelo território brasileiro, consolidando o papel de controle e a influência de Portugal sobre as atividades aqui desenvolvidas (KURY, 2004).

Assim, diversas casas de arrecadação e de inspetoria foram construídas nos principais entrepostos comerciais e exploratórios brasileiros àquela época, como no Rio de Janeiro²⁶, na Bahia, no Pará, em Minas Gerais e em Pernambuco, regiões que, neste momento, apresentavam os maiores potenciais exploratórios e comerciais para a metrópole. É nesse contexto, por exemplo, que surgem as casas de arrecadação do quinto, famoso imposto de 20% sobre a quantidade de ouro extraído no território brasileiro e que deveria ser pago mandatoriamente ao governo português por aqueles que haviam recebido concessões de exploração das minas locais (SILVA, 1999). Há ainda o aumento do controle sobre a circulação do ouro e de diamantes, que passaram a ser fiscalizados de forma mais intensa, a fim de se evitar contrabando e roubo do material destinado à Coroa. Destacam-se também as atividades de demarcação de limites do território brasileiro, que tiveram profundos impactos em nossa geografia e ocupação de terras (como a política de povoamento de locais mais ao interior do país, como as atuais regiões Centro-Oeste e Norte, cujas fronteiras com a América

²⁶ Cidade que passou a ser a capital do Brasil, a partir de 1763, em uma tentativa do governo português de fortalecer o principal posto de escoamento da produção mineral de Minas Gerais e de chegada dos escravos africanos ao país.

Espanhola inspiravam cuidados por parte de Portugal), visando à resolução de conflitos com França, Espanha, Holanda, etc. (PATACA, 2001 e 2006; SILVA, 2004).

Porém, o correto funcionamento destas atividades de controle e exploração dos produtos naturais brasileiros apenas seria garantido através de uma ideologia do “desenvolvimento integrado”, que consistiu em políticas de desenvolvimento da colônia, tanto do ponto de vista econômico quanto político. Assim, Portugal passa a colaborar com parte da elite dominante brasileira, que assume então cargos relevantes na administração e na política da colônia e passa a exercer seu poder localmente, com aval flexibilizado da metrópole (SILVA, 1999).

Essas importantes medidas visando a sua adequação ao movimento europeu de mudança para uma economia industrial originaram profundas reformas empreendidas por Portugal em seu sistema econômico (comércio, agricultura e indústria) e político, marcadas principalmente pelas ações do Marquês de Pombal e de seus sucessores, e que podem ser caracterizadas em uma perspectiva simultaneamente Absolutista e Iluminista, chamada de despotismo esclarecido (SILVA, 1999). O Iluminismo (ou Ilustração), corrente de pensamento europeia que encontra seu auge no século XVIII (o chamado Século das Luzes), defendia os preceitos de que somente pela razão (pelas “luzes”, pela Ciência) é que uma sociedade atingiria cada vez mais o progresso.

É importante destacar que as ações ilustradas encabeçadas por Portugal tiveram características pragmáticas, tanto do ponto de vista das Ciências Naturais, quanto da própria política administrativa, voltadas para a resolução dos problemas econômicos concretos do país citados anteriormente (FIGUEIRÔA; SILVA e PATACA, 2004; KURY, 2004), como aquelas relacionadas ao povoamento intenso e contínuo de suas colônias, visando maior exploração de recursos naturais, como já destacado. Ou seja, a partir dos ideais das Luzes e da Razão, buscava-se alcançar as respostas e resoluções para o atraso do país. Neste sentido, Portugal promove uma profunda reforma universitária, de caráter científico e educacional, representada principalmente pelas mudanças sofridas na Universidade de Coimbra (MAXWELL, 1996). Nesta reforma, ocorrida entre 1758 e 1772:

[...] foram introduzidas disciplinas científicas e criados os novos cursos de Matemática e Filosofia. A Universidade passou a formar naturalistas, sendo que, no final do século XVIII, os cursos de ciências naturais eram os que mais atraíam estudantes. (DANTES, 1988, p. 265)

Foram criados, além de novos cursos e disciplinas, novos laboratórios (dentre eles, o Laboratório Químico da Universidade de Coimbra, o mais produtivo nesse período), jardins botânicos, hospitais-escolas, etc. A ênfase é dada nas ciências e cursos experimentais, uma vez que viriam deles os conhecimentos necessários para resolver os problemas do desenvolvimento da industrialização e da agricultura portuguesas.

Neste período de intensas reformas também científicas e educacionais na metrópole, o Brasil, em sua condição de colônia, não podia deixar de fazer parte destas decisões de Portugal, como já destacado. Da posição de fornecedor, principalmente, de matérias-primas para a metrópole, o Brasil passou a ser o foco de investimentos neste momento, uma vez que se mostrava um território com grande potencial econômico em decorrência da abundância de terras e de recursos naturais. Assim, dentro das reformas empreendidas por Pombal, o envio de brasileiros (em geral, das famílias de elite) para realizarem estudos científicos e naturalistas em Portugal foi intensamente incentivado, dentro da perspectiva do desenvolvimento integrado metrópole-colônia (FIGUEIRÔA, 1997).

Ainda que tenham entrado em contato com diversas ideias democráticas da Europa Ilustrada (como da Revolução Francesa), estes estudantes brasileiros eram membros de uma elite social e preocupavam-se, em geral, com a resolução dos problemas econômicos e práticos desta aristocracia a qual pertenciam, sob a tutela da Coroa, colaborando com a manutenção de nosso status como colônia (DIAS, 2005). Não é de se estranhar que muitos destes alunos, como José Bonifácio de Andrada e Manuel Ferreira da Câmara (conhecido como Intendente Câmara), ao retornarem ao Brasil, assumiram diversos cargos em nome da Coroa, demonstrando o caráter também político desta reforma universitária:

As tradições da colonização portuguesa e o afã de integração e conquista dos recursos naturais delineavam a imagem do governo central e forte, necessário para neutralizar os conflitos da sociedade e as forças de desagregação internas. Essa 'tarefa' de reforma e construção absorveu os esforços dos ilustrados brasileiros a serviço da Corte portuguesa e nela se moldaria a geração da Independência. (DIAS, 2005, p. 37)

Contudo, apesar de sua posição política a trabalho do desenvolvimento integrado metrópole-colônia, esperava-se desses estudantes que, ao se formarem naturalistas (principalmente pelas mãos do lente de Química da Universidade de Coimbra, o italiano Domenico Vandelli²⁷) e retornarem ao Brasil, empreendessem viagens por nosso território e pesquisas em gabinetes, laboratórios, etc., a fim de elaborarem relatórios sobre materiais vegetais, animais e minerais que poderiam apresentar interesse econômico para Portugal. Neste contexto, além dos estudos desses brasileiros na Europa, inúmeras viagens naturalistas pelas colônias portuguesas foram organizadas pela Academia Real das Ciências de Lisboa, a fim de fomentar esse projeto amplo e complexo de desenvolvimento econômico, ancorado no cultivo e exploração da terra e dos recursos naturais. Os naturalistas lá formados passaram então a viajar pelos territórios coloniais portugueses, seguindo instruções e treinamentos ministrados no Real Museu de Ajuda, e executando diversas atividades de investigação e prospecção, dentre outras coisas, de materiais minerais (FIGUEIRÔA; SILVA; PATACA, 2004).

Nesse movimento das viagens naturalistas e dos empreendimentos científicos pelo território brasileiro, Dom Rodrigo de Souza Coutinho, sucessor de Marquês de Pombal e de Martinho de Melo e Castro no poder português entre 1796 e 1803, apresentou-se como um grande incentivador (DIAS, 2005). Dentre seus principais investimentos podemos destacar o estímulo aos trabalhos da Academia Real de Ciências de Lisboa, responsável pela elaboração do inventário das riquezas de Portugal e de suas colônias, a partir das informações transmitidas pelos naturalistas espalhados por seus territórios. Domenico Vandelli (1735-1816) atuou também como

²⁷ Para mais informações sobre Domenico Vandelli, ver Ferraz (1995a).

líder desta academia, sendo responsável pela elaboração de guias, análise das memórias produzidas e dos materiais enviados pelos cientistas da Coroa (SILVA, 1999).

É, portanto, neste contexto de intensa promoção de viagens naturalistas pelo território brasileiro e de atividades científicas executadas em diversas Capitanias do país que se encontrarão grande parte das fontes históricas primárias que, neste trabalho, proponho serem investigadas do ponto de vista do conhecimento químico e de sua natureza, a fim de serem empregadas em aulas de Química.

Contudo, do ponto de vista deste conhecimento químico, resta-nos, ainda, uma pergunta: como a Química se inseriu e se desenvolveu no território brasileiro, neste período da Ilustração? Apresento, a seguir, uma breve retomada desta História, já contada por alguns importantes historiadores da Química brasileira.

Uma breve História da Química no Brasil

Um dos maiores responsáveis pela introdução das Ciências Químicas no Brasil foi o italiano Domenico Vandelli, primeiro lente de Química (a partir de 1772) da então reformada Universidade de Coimbra. Ainda que nunca tenha visitado nosso país, formou, através de seus laboratórios e atividades didáticas, muitos brasileiros dentro dos cursos de Filosofia e História Natural (RHEINBOLDT, 1955; FILGUEIRAS, 2010).

Médico de formação, contemporâneo de Lavoisier, Vandelli era responsável por essa disciplina e pelos laboratórios da Universidade de Coimbra, apresentando e treinando, nos mais novos pensamentos da Revolução Química europeia, diferentes alunos brasileiros, dentre eles: José Álvares Maciel (1760-1804), Manuel Ferreira da Câmara Bittencourt e Sá (1762-1835), José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) e seu irmão Martim Francisco (1775-1844), Vicente Coelho de Seabra Silva Telles (1764-1804), Alexandre Rodrigues Ferreira (1756-1815), José Vieira Couto (1752-1827), etc. Dentre esses estudantes, destacaram-se em atividades científicas fortemente relacionadas à Química aqueles envolvidos especialmente com a exploração mineral no Brasil, a ser tratada nesse trabalho, como os irmãos Andrada, José Vieira Couto e Manuel Ferreira da Câmara (FILGUEIRAS, 2010).

Salienta-se ainda o papel de Seabra Telles nas áreas de Ensino e divulgação desses novos pensamentos químicos no Brasil. Mineiro, estudou Filosofia Natural e Medicina em Coimbra a partir de 1783, assumindo o cargo de demonstrador de Química nesta mesma universidade quando da aposentadoria de Vandelli, em 1791 (FILGUEIRAS, 2009). Ainda durante seu período como estudante, iniciou a elaboração de um material didático, totalmente em língua portuguesa, com os mais atuais modelos, teorias e técnicas da nova Química. Seu “Elementos de Química”, publicado entre 1788 e 1790 (mesmo período do lançamento do ‘Tratado’ de Lavoisier), é considerado a primeira obra relacionada à Química Moderna em língua portuguesa. O autor almejava seu uso no ensino desses novos conhecimentos da área, tendo sido um dos primeiros materiais, fora da França, a aceitar e incorporar os trabalhos ali então desenvolvidos (FILGUEIRAS, 1988). Dentre esses conteúdos, discutia as ideias de Lavoisier, Macquer e Fourcroy sobre os gases, bem como a composição dos corpos e conceitos como substâncias, misturas, classificações, etc. (FERRAZ, 1995b).

Seabra Telles dedicou seu livro à Sociedade Literária do Rio de Janeiro (fundada em 1786), que tinha como objetivos os estudos e a divulgação das novas tendências da Ciência Moderna no Brasil e a criação de um curso de Química, o primeiro no Brasil:

A quem poderia eu melhor dedicar este meu compêndio da química, do que a uma Corporação de Patriotas iluminados, que se destinam, unindo em um só corpo as suas forças dispersas, servir ao seu Rei, instruindo a sua Pátria? (...) Eu espero que vós, Ilustres Compatriotas, pretendendo cultivar esta Ciência, e ensiná-la à mocidade, me agradecereis esta mostra de zelo e de amor do meu País, e que tanto menos desprezareis o meu pequeno trabalho, quanto talvez sejam nenhuns os bons Compêndios de Química que até hoje tenham saído à luz por toda Europa literata. (TELLES, 1788 apud FILGUEIRAS, 2010, p. 251)

Ainda que esta Sociedade pouco tenha durado, e que seu curso de Química nunca tenha sido efetivamente criado, seu papel pioneiro na divulgação desta Ciência no Brasil não pode ser ignorado. Foi principalmente a partir do conhecimento destas novas técnicas, modelos e teorias propostos pela Revolução Química, que a primeira

disciplina de Química foi criada no Brasil, em 1811, na Academia Real Militar do Rio de Janeiro²⁸, por ordem de D. Rodrigo de Souza Coutinho, dentro do curso de Ciências Exatas, voltado para a formação de engenheiros (RHEINBOLDT, 1955). Outros cursos de Química passaram então a surgir, na Bahia e também no Rio de Janeiro, em caráter auxiliar a outras áreas²⁹, principalmente a cursos de Medicina (FERRAZ, 1995b).

Neste mesmo período, outro marco para a consolidação dos estudos químicos no Brasil foi a criação do Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro, em 1812. Seu objetivo não se relacionava a atividades de ensino, mas sim à análise (dentro de aspectos de identificação, purificação e quantificação de substâncias) de materiais advindos das colônias portuguesas e que possuíam interesse comercial, como tecidos, minerais, plantas, corantes, etc. (SANTOS, 2004).

Por fim, ainda que se destaquem como marcos relevantes para o estabelecimento dos estudos químicos no Brasil, estas políticas científicas e educacionais oficiais não podem ser consideradas as únicas responsáveis pelo desenvolvimento dessa área no território brasileiro. É importante lembrar que vários foram os trabalhos elaborados e aplicados em atividades rotineiras e práticas, como nos engenhos e nas atividades médicas e de exploração mineral, por diversos investigadores e trabalhadores brasileiros, muitos sem acesso a uma instrução formal, mas sempre atualizados com relação a estes novos conhecimentos e técnicas. Neste sentido, destaca-se a figura de João Manso Pereira (1750? - 1820), que será apresentado no próximo capítulo desse trabalho, e que chama a atenção por haver trabalhado por muitos anos como inventor e pesquisador da Coroa Portuguesa como um químico autodidata e sem formação acadêmica, mas leitor assíduo e interessado de importantes cientistas da época, como Macquer e Berthollet (FILGUEIRAS, 1993).

²⁸ Criada em 1810, após a vinda da família Real ao Brasil (em 1808), a fim de consolidar a área científica do país, agora que a corte estava aqui instalada (FIGUEIRÔA, 1997).

²⁹ Seria apenas em 1910 que o primeiro curso de Química (de nível técnico, tornando-se de nível superior em 1915) viria realmente a ser implantado no Brasil, no Mackenzie College. Em 1915, surge ainda a Escola Superior de Química, na Escola Oswaldo Cruz (SANTOS; PINTO; ALENCASTRO, 2006).

Finalmente, é nesse contexto de inserção e consolidação da Química no Brasil, bem como de sua aplicação, hibridização e adaptação à realidade e às técnicas de exploração e análise aqui empregadas, que irá se concentrar o presente trabalho, voltado especificamente para a investigação histórica da presença e desenvolvimento destes conhecimentos e práticas químicas nas atividades de exploração mineral colonial, cujos resultados passam a ser apresentados a seguir, a partir do capítulo IV.

Capítulo IV – A exploração mineral no Brasil colonial: leituras sobre o conhecimento químico

*“Verá extrair da terra
As safiras, os brilhantes,
Os rubis, os diamantes,
Produções de alegres vistas.
Verás o ígneo topázio,
A crisólita amarela,
A esmeralda verde e bela,
Verás roxas ametistas. (...)
Lá verás também granadas,
Pingos d’outras qualidades;
E verás mil raridades
No interior do cristal.
Todas essas produções,
Há, Marília, no Brasil;
Mas além destas há mil,
Que com mais vagar direi.”
(Joaquim José Lisboa, 1804)³⁰*

Visando evidenciar o já discutido potencial da HFC para o ensino não apenas de conteúdos químicos, mas também da natureza da atividade e dos conhecimentos científicos, passo a apresentar e analisar algumas das principais produções científicas relacionadas à Química durante período colonial Brasileiro. Como recorte temático,

³⁰ Texto extraído do trabalho de Francisco Adolfo de Varnhagen (Visconde de Porto Seguro) intitulado “Florilegio da poesia brasileira: ou, collecção das mais notaveis composições dos poetas brasileiros falecidos, contendo as biographias de muitos delles, tudo precedido de um ensaio historico sôbre as letras no Brazil, volume 1”, publicado em 1850.

optei pelo estudo das atividades de exploração mineral realizadas durante este momento a partir do ponto de vista da Química e com importantes subsídios de outras áreas, como as Geociências e a Biologia, além da própria História. Neste cenário, especial atenção será dada, devido a sua importância para a História de nosso país, à exploração de alguns materiais metálicos, como o ouro e o ferro, além dos diamantes e do salitre (obtido nas chamadas “nitreiras”).

Destaco essa escolha no âmbito da Química porque acredito que os conhecimentos envolvidos no contexto de exploração mineral, especialmente quando pensamos na História do Brasil, proporcionam um terreno fértil para uma abordagem integrada e contextualizada sobre a dinâmica do mundo natural e social. A importância desta história natural reside ainda na possibilidade de abordar o conhecimento químico (e suas relações com outras áreas de investigação) em uma perspectiva temporal ampla, envolvendo passado (origem e evolução da Terra), presente (ocupação natural e exploração) e futuro (problemas e impactos) em nosso ambiente (TOLEDO, 2005; FIGUEIRÔA, 2009).³¹

De forma mais específica, apresento, neste capítulo IV, um breve panorama dos resultados obtidos através da leitura e interpretação de diferentes fontes históricas durante a Pesquisa Histórica que realizei, buscando analisar como se dava a apropriação e o desenvolvimento de conhecimentos e práticas químicas pelos trabalhadores e técnicos envolvidos com a exploração mineral brasileira. Meu objetivo aqui é subsidiar as discussões, que serão realizadas nos capítulos V e VI, acerca do uso dessas fontes em atividades de Ensino de Química, de forma a colaborar com o entendimento do contexto em que essas fontes e conhecimentos se inseriram àquela época.

³¹ Em artigo já submetido à revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (intitulado: “La enseñanza de química desde las geociencias: la minería colonial y sugerencias para el trabajo interdisciplinario”), apresento uma reflexão mais profunda sobre estas relações integradas e interdisciplinares que as Geociências e a Mineralogia proporcionam para o ensino escolar, tanto do ponto de vista do Ensino de Ciências quanto de Humanidades e Artes.

1. AS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO MINERAL NA HISTÓRIA

A mineração compreende um conjunto de técnicas de exploração de substâncias minerais a partir de depósitos encontrados na crosta terrestre. Esta denominação deriva da palavra latina *mineralis* (relacionada às minas e aos minerais), que levou ao uso do termo “minar”, a partir do século XVI. Trata-se, portanto, de uma área fortemente ligada aos conhecimentos geológicos construídos pelo homem ao longo de sua História. Dessa forma, sua evolução histórica ocorre concomitante ao desenvolvimento e consolidação das Geociências nas sociedades humanas, a partir do século XVI.

Ainda que as marcas mais impactantes da Mineração nas sociedades ocidentais ocorram a partir do século XVI, o envolvimento do homem com a exploração mineral data de períodos muito mais antigos, até mesmo pré-históricos. Vestígios de minas no continente africano datam entre 6.000 e 4.000 a.C., enquanto que, na Europa, registros da exploração e manufatura do cobre são relacionados ao período de 7.000 a 4.000 a.C. (MARQUES; FERNANDES, 2014; CRAMB, 2014). Com o passar dos séculos, a metalurgia tornou-se, principalmente durante a Antiguidade, a base para grandes Impérios, como Fenícios, Gregos e Chineses (ADAMS, 1938) e, já durante a Idade Média, importantes atividades mineradoras na Europa foram desenvolvidas, principalmente na região do Mar Mediterrâneo.

É neste período que se estima também o início das atividades de exploração de um importante material mineral, o salitre, realizadas então pelos chineses, essencialmente entre os séculos IX e XI. O salitre, como é conhecido popularmente o nitrato de potássio (KNO_3)³², origina-se nas chamadas nitreiras (artificiais ou naturais), espalhadas por diversas partes do mundo. A história de sua exploração está intimamente ligada ao desenvolvimento bélico mundial, uma vez que tem papel central na composição da pólvora³³, já então empregada pelos chineses (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996; AGOSTÓN, 2009).

³² O nome salitre também pode ser usado para designar o nitrato de sódio (NaNO_3) – nesse caso, é mais comumente chamado de salitre do Chile ou do Peru; contudo, nesta investigação, optamos pelo trabalho apenas com o nitrato de potássio.

³³ Segundo David Cressy (2011), o salitre é considerado a “alma”, a “fundação” e a “mãe” da pólvora.

A saída da Idade Média, a entrada na Idade Moderna e a expansão dos conhecimentos das amplas aplicações destes materiais minerais, como o ferro e o salitre, marcaram um novo rumo para a Mineração, que começa a se transformar em uma atividade econômica de interesse do Estado. A Mineralogia e a Mineração são introduzidas como saberes da modernidade, dentro de uma tendência de dessacralização³⁴ da imagem medieval de mundo (GOLDFARB; FERRAZ, 1990). É justamente neste contexto de transição que, no século XIII, se estipula, por exemplo, a chegada à Europa do conhecimento asiático sobre o salitre, especialmente devido ao contato com os povos árabes que, por sua vez, acredita-se terem conhecido a pólvora e o salitre com os chineses.³⁵ (AGOSTÓN, 2009).

Já a partir do século XIV, inicia-se um movimento sistemático de quantificação e análise da Natureza, com grande enfoque nas práticas realizadas no campo e nos laboratórios alquímicos (ADAMS, 1938). Assim, altos investimentos são feitos em novas técnicas e conhecimentos sobre terrenos, rochas, formação mineral, etc., o que consistiria no que conhecemos hoje como os estudos da Geologia.

O século XVI marca definitivamente este novo rumo da Mineralogia e da Mineração, com o aparecimento de diversos estudos, teóricos e práticos, produzidos em diferentes regiões de Mineração, principalmente na Saxônia (atual Alemanha). Dentre estes trabalhos, destaca-se “De Re Metallica”, de Georg Bauer, conhecido como Agrícola (1494-1555), médico da região mineira saxônica. Em seus textos, Agrícola estabelece um importante caminho teórico para o conhecimento sobre a Mineração,

³⁴ As autoras empregam este termo no sentido de indicar um desencantamento com a Natureza, abolindo elementos mágicos e sobrenaturais deste universo.

³⁵ Esta entrada da tecnologia da pólvora no mundo Islâmico deu-se de forma fortemente associada ao contexto bélico, especialmente nas regiões da Ásia Central, Irã, Iraque e Síria, e pode ser destacada pela sua importância na tomada de Constantinopla pelo Império Otomano, em 1453. Já o contato europeu com a tecnologia islâmica se deu, essencialmente, pelos trabalhos dos alquimistas deste período. Destacam-se aqui Roger Bacon (1214-1294), um dos primeiros pensadores a descrever a técnica de produção deste artefato, e Raymond Lulle (Ramon Llull) (ca.1232-1315), um dos primeiros a mencionar a palavra “salitre” na Europa. Ainda que o conhecimento sobre o salitre e a pólvora possa ter se difundido no restante da Europa através dos gregos, que os manipulavam desde a Antiguidade, sabe-se que sua definitiva inserção histórica neste continente se dá a partir do século XIII, por influência dos povos Orientais (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996; PARTINGTON, 1999; CRESSY, 2011).

através da organização e reflexão sistemática, clara e direta, das informações obtidas a partir das minas (ADAMS, 1938). A Mineração e a Mineralogia iniciam, portanto, sua caminhada para aquisição de um novo status, mais afastado do sagrado e mais próximo das ciências modernas que surgiam àquele momento (ADAMS, 1938; GOLDFARB; FERRAZ, 1990). Destaca-se, nesse período de consolidação da área, a exploração do carvão (força motriz do processo de Revolução Industrial a ocorrer no século XVIII), do salitre (produção da pólvora), do ouro, da prata e dos diamantes.

A difusão dos conhecimentos e o aumento da relevância econômica e política destes materiais minerais pela Europa trouxe, conseqüentemente, um importante problema: onde encontrá-los de forma abundante e de fácil exploração? Como exemplo desta procura europeia por fontes destes materiais, destacam-se as viagens naturalistas em busca do salitre. Por ter uma difícil obtenção natural, principalmente em países de climas frios como o europeu, tornava-se caro e escasso para aqueles que o desejavam. Para suprir esta necessidade do salitre, esses países optaram então por duas diferentes abordagens: a construção de nitreiras artificiais na Europa³⁶ e a busca por nitreiras naturais em outras partes do mundo, como na Índia, no Egito e nas Américas Espanhola e Portuguesa (a partir do século XVI), o que acabou gerando um grande número de rentáveis viagens com fins de exploração e extração por estas diversas regiões (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996; BUCHANAN, 2006).

É exatamente neste contexto de novas pesquisas, viagens e investimentos realizados no âmbito da extração mineral que a Mineração chega ao Brasil. Como parte das atividades de exploração colonial executadas por Portugal³⁷, essencialmente em

³⁶ As primeiras fábricas para sua produção artificial e exploração artesanal foram criadas na Europa a partir do século XIV, principalmente nas atuais Bélgica e Alemanha. Esta produção europeia do salitre se deu a partir dos dois tipos de nitreiras: as naturais, de onde apenas se extrai o salitre de suas terras; e as artificiais, onde são simuladas as condições existentes nas nitreiras naturais, possibilitando a produção do salitre em terras onde ele não ocorre naturalmente. Sabendo-se que o salitre natural é desfavorecido pelas condições climáticas europeias, não é de se estranhar o fato de que a maior parte das nitreiras ali montadas a partir do século XIV fossem do tipo artificiais (à exceção de algumas na Espanha e Hungria) (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996; BUCHANAN, 2006).

³⁷ A partir do século XV, a expansão marítima portuguesa começou a se consolidar e a tomada de novos domínios coloniais, como a América Portuguesa e territórios na Índia (Goa), desperta em Portugal o

fins do século XVII e início do século XVIII, a busca por materiais minerais nos terrenos brasileiros tomou uma grande proporção, principalmente após os primeiros achados em terras latino-americanas. Em um período de Ilustração e de Revolução Industrial na Europa, Portugal viu-se impelido a realizar suas buscas por essas fontes minerais e, como já discutido neste trabalho, acompanhar o processo de modernização social e econômica do período. O interesse da Coroa nessas atividades foi tão intenso, principalmente durante o século XVIII, que profundas mudanças foram sentidas em toda a sociedade e territórios brasileiros:

(...) Estimativas autorizadas indicam que a população colonial de procedência européia chegou a decuplicar durante o século em que foi mais intenso o trabalho das lavras. Essa imigração, quase toda espontânea, serviu para povoar uma vastíssima região arredada do litoral, e que de outra maneira ficaria sem dúvida abandonada e talvez perdida para os portugueses, afeitos tradicionalmente à colonização costeira. O descobrimento das jazidas do extremo oeste e a fundação ali de núcleos urbanos e fortalezas, em resultado desses achados, dará como fruto a silhueta geográfica do Brasil atual. (HOLANDA, 2001, p. 310)

Em 1711, em seu livro “Cultura e opulência no Brasil”, André João Antonil, jesuíta italiano, destaca algumas destas diversas regiões do país onde era possível serem encontradas produções minerais: Interior de São Paulo (Itu e Sorocaba), Ceará, Curitiba, Porto Seguro, Santa Cruz, Rio de Janeiro, Caeté, etc. (ANTONIL, 1976). Dentre estas produções, o salitre passou a ter papel de destaque na política luso-brasileira de exploração mineral, não por sua capacidade de gerar materiais metálicos, mas sim pela sua já bem conhecida aplicação bélica: as primeiras observações da abundância do salitre, ainda sob o domínio da Coroa Espanhola (período da União das Coroas após a queda de D. Sebastião), foram feitas por Álvaro Rodrigues (1584), Gabriel Soares (1587) e Frei Vicente do Salvador (1627), destacando-se as serras da

interesse, inclusive, pela exploração do salitre e produção da pólvora, intimamente ligado à necessidade da defesa de seus novos territórios e também da península (MASCARENHAS, 2006).

Bahia como a maior região fonte deste material. Ao recuperar o domínio sobre estas terras, Portugal continuou insistindo nas buscas e nesta exploração, dadas as observações iniciais promissoras e a iminente necessidade de proteção da colônia, tanto contra a Coroa Espanhola quanto contra as invasões holandesas (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996).

Neste contexto novamente português, a exploração do salitre e a fabricação da pólvora tornam-se temas políticos e de tratados militares, estando fortemente vinculadas a estudos técnicos desenvolvidos em escolas militares por especialistas da área, como Joseph Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765), português que vem ao Brasil em 1739 (PIVA; FILGUEIRAS, 2008). Diversos foram os subsídios, cartas-régias e missivas produzidos a fim de se incentivar a exploração regular do salitre no território brasileiro. Este tema constituiu-se, portanto, durante o domínio português sobre o Brasil, uma questão de Estado, uma vez que Portugal detinha o monopólio desta exploração e controlava investimentos e desenvolvimentos técnico-científicos (FERRAZ, 2000).

Apesar de alguns empecilhos relacionados a questões de transporte, Portugal continuou estimulando as viagens pelo território brasileiro visando a descobrir novas fontes de salitre, bem como o investimento em fábricas de pólvora e no desenvolvimento técnico da área durante os anos seguintes. Já no século XVIII, no contexto da Reforma da Universidade de Coimbra (ocorrida entre 1758 e 1772), que buscava a formação para as ciências com caráter utilitarista e aplicado, muitos naturalistas brasileiros lá formados passaram a trabalhar para a Coroa Portuguesa no tema do salitre, como José de Sá Bittencourt Accioly (1755-1828) e José Vieira Couto (1752-1827). Desta forma, a Coroa passa a incorporar em sua política de exploração do território brasileiro os conhecimentos considerados acadêmicos, fortemente relacionados às transformações que as Ciências vinham sofrendo neste período iluminista (COSTA, 1984). Dentre as principais políticas de incentivo e controle do Estado Português – e ao final também do brasileiro –, com relação à produção, extração e fabricação do salitre neste período, podemos destacar (FERRAZ, 2012):

- Criação de uma fábrica de salitre artificial (nitreira artificial) em Salvador por D. João de Lencastre, após sua nomeação como 32º Governador, em 1694;
- Instalação de outras duas fábricas de salitre no interior da Bahia, em 1697;
- Descoberta da Serra do Salitre, próxima ao rio São Francisco, em 1750;
- Início dos estudos na Serra de Montes Altos, na Bahia, em 1758;
- Viagem de José de Sá Bittencourt Accioly a Montes Altos e criação de uma estrada que ligava as fontes ao litoral, entre 1797 e 1806;
- Instalação de uma fábrica de salitre, em 1800, em Quixeramobim, no Ceará, sob os cuidados do naturalista João da Silva Feijó;
- Decreto de D. João VI, em 1801, do monopólio da Coroa Portuguesa sobre as pesquisas e exploração do salitre e da pólvora, impedindo a importação e a exportação para terceiros, a fim de impedir o contrabando comum na época;
- Viagem de estudo às nitreiras naturais de Monte Rorigo, em Minas Gerais, pelo naturalista José Vieira Couto, em 1803;
- Criação da 1ª Fábrica de Pólvora em território brasileiro, no Rio de Janeiro, ordenada em 1808 por D. João VI, para proteger o porto e abastecer os postos militares da região;
- Autorização, em 1808, da construção de uma fábrica de pólvora em Vila Rica, MG;
- Transferência, em 1832, da fábrica de pólvora da Lagoa Rodrigo de Freitas para Porto da Estrela (atualmente, Magé, RJ).

Já dentre as diferentes fontes metálicas encontradas no território brasileiro (especialmente ferro, ouro e prata, segundo Antonil), foi certamente o ouro que mobilizou os maiores esforços e investimentos de Portugal, a partir da descoberta de suas primeiras minas em Minas Gerais, entre 1693 e 1695 (FIGUEIRÔA, 1994). Na passagem para o século XVIII, outras jazidas foram encontradas na Bahia e no Mato Grosso (por volta de 1720) e em Goiás (em 1726), desencadeando um século de intenso êxito na exploração do ouro para o Governo Português (FIGUEIRÔA, 1994). Contudo, por volta de 1785, as minas de ouro brasileiras entram em decadência, principalmente devido à técnica dos mineradores, então considerada deficiente, algo

que já era criticado por Antonil desde 1711³⁸ (ANTONIL, 1976). Posteriormente, e já em um contexto de decadência, diversos pensadores brasileiros elaboraram trabalhos a esse respeito, como José de Azeredo Coutinho (1742-1821), Antônio Pires da Silva Pontes Leme (1750-1805), José Manuel de Sequeira (?), José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), dentre muitos outros (FIGUEIRÔA, 1997; SILVA; FIGUEIRÔA, 2004).

Com a queda de produtividade levando a um possível final do grande ciclo da mineração no Brasil, a Coroa Portuguesa passa a investir, após sugestão de Domenico Vandelli, na formação de brasileiros nas mais conceituadas Escolas de Minas e Metalurgia da Europa, localizadas principalmente na França, na Saxônia e na Suécia. Dessa forma, diversos estudiosos, como os já citados José Bonifácio de Andrada e Silva e Manuel Ferreira da Câmara, passaram a realizar viagens, estágios e cursos nessas escolas, com o objetivo de aprenderem e levarem ao Brasil novos conhecimentos, técnicas e ideias que pudesse retomar a exploração mineral em nosso território (FIGUEIRÔA, 1997). A chegada desses novos conhecimentos sobre a Mineração ao Brasil não ocorre de forma tranquila, e os empecilhos devem-se, principalmente, à falta de apoio dos próprios mineradores, que se veem reduzidos a uma posição subalterna em consequência de um processo de modernização realizado “de cima para baixo”, tal como classificado por Wilhelm Ludwig von Eschwege (FIGUEIRÔA, 1997).

Alguns pesquisadores apontam uma tendência de fracasso da exploração mineral no Brasil, incluindo-se aqui o salitre, após anos de auge (FERRAZ, 2000). Convém destacar, porém, como argumentado por Maria Odila Leite da Silva Dias, em seu trabalho sobre os aspectos da ilustração no Brasil, que nossos “ilustrados dos fins do século XVIII não trataram apenas de divulgar técnicas europeias; homens de mentalidade mais prática dispuseram-se também a experimentar e adaptá-las, alcançando por vezes grande sucesso com suas inovações.” (DIAS, 2005, p. 91).

Contudo, quem foram estes ilustrados brasileiros inseridos nas atividades de exploração mineral no Brasil? Nesse contexto, destaco, a seguir, breves biografias dos principais autores de textos históricos que foram aqui analisados e selecionados como

³⁸ Criticava inclusive o interesse único na exploração de minas de superfície.

de interesse para o trabalho em sala de aula com conhecimentos químicos e a natureza desta Ciência.

- Alexandre Rodrigues Ferreira (1756-1815), nascido na atual Salvador (BA) em uma família de comerciantes, pertenceu à primeira turma do curso de Filosofia Natural da Universidade de Coimbra, em 1778. Foi discípulo de Domenico Vandelli e participou da importante expedição naturalista pelo território brasileiro, na região do Grão-Pará, entre os anos de 1783 e 1793 (PATACA, 2001). Seus manuscritos (“Viagem Filosófica pelas Capitanias do Grão Pará, Rio Negro, Mato Grosso e Cuiabá: 1783-1792”), elaborados a partir dessa expedição e publicados apenas após a sua morte, contêm um grande número de narrativas e observações realizadas e constituem-se uma interessante compilação sobre esta região do Brasil.

- João da Silva Feijó (1760-1824), natural do Rio de Janeiro, também foi um discípulo de Domenico Vandelli em Coimbra, com o qual se acredita ter estudado História Natural, ainda que existam algumas dúvidas a respeito de sua formação acadêmica (SILVA, 2004). Inicialmente, empreendeu viagens naturalistas em nome da Coroa Portuguesa pelo território de Cabo Verde, tendo então chegado à capitania do Ceará em 1799, a fim de atuar como naturalista da região. Dentre os principais trabalhos que elaborou ao longo de suas atividades naturalistas para Portugal, destacam-se inúmeras memórias, como: “Discurso político sobre as minas de ouro do Brasil” (1797) e “Memórias sobre a capitania do Ceará” (1814).

- João Manso Pereira (1750?-1820), natural de Minas Gerais, trabalhou por muitos anos no Rio de Janeiro como professor de gramática latina, inventor e pesquisador da Coroa Portuguesa. Era autodidata e um dos poucos cientistas brasileiros conhecido por não haver realizado nenhum estudo universitário, permanecendo por toda sua vida no Brasil, mas sendo um leitor assíduo e interessado de importantes cientistas da época, como Macquer e Berthollet. É considerado por muitos historiadores da Ciência brasileira como o primeiro químico empírico brasileiro, havendo trabalhado e pesquisado sobre alambiques e sistemas de destilação, altos-fornos, nitreiras (fontes de

salitre) etc. (FILGUEIRAS, 1993) Produziu um grande número de trabalhos e publicações, nas mais diversas áreas de interesse econômico para o Brasil, dentre os quais: “Memoria sobre a reforma dos alambiques ou de hum próprio para a distillação” (1797), “Copia de huma carta sobre a nitreira artificial estabelecida na Villa de Santos, da Capitania de S. Paulo” (1800), “Memória sobre uma nova construção do alambique para se fazer toda a sorte de destilações com maior economia, e maior proveito do residuo” (1805) e “Memoria sobre o methodo economico de transportar agoa-ardente do Brasil para Portugal” (1845).

- José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), tradicionalmente conhecido por suas contribuições à política brasileira como o Patriarca da Independência, nasceu na capitania de Santos (SP) em uma família rica e vinculada à Coroa. Começou seus estudos de Direito Canônico e Filosofia Natural em Coimbra em 1780, sendo um dos mais importantes alunos de Domenico Vandelli. Viajou por diversos países europeus, entrando em contato com cientistas como Fourcroy, e desenvolveu inúmeros estudos e pesquisas mineralógicas nestes locais. Retornou ao Brasil somente em 1819, instalando-se em Santos para continuar suas pesquisas, agora pela capitania de São Paulo, a partir das quais produziu alguns importantes trabalhos: “Memória econômica e metalúrgica sobre a fábrica de ferro de Ipanema” (1820) e “Viagem mineralógica pela província de São Paulo” (1820) (VARELA, 2009).

- José de Sá Bittencourt Accioly (1755-1828), nascido em Caeté (MG) e membro de uma rica e poderosa família de coronéis da região, formou-se em Ciências Naturais pela Universidade de Coimbra. Durante os depoimentos da Devassa Mineira, foi acusado e interrogado sobre seu envolvimento com a Inconfidência Mineira, sendo, contudo, absolvido. Visando distanciar-se dessas acusações, mudou-se para a Bahia, onde atuou como encarregado das explorações mineralógicas em Montes Altos durante o ano de 1799, quando publicou suas memórias (“Memoria sobre a viagem do terreno nitroso dos Montes-Altos”) sobre as nitreiras naturais da região (SILVA, 1844).

- José Vieira Couto (1752-1827) era mineiro de Arraial do Tijuco (atual Diamantina,

MG), filho de uma rica família envolvida com atividades mineradoras. Estudou Filosofia e Matemática na Universidade de Coimbra, onde foi discípulo de Domenico Vandelli, e realizou importantes pesquisas mineralógicas no território brasileiro. Principalmente entre os anos de 1789 e 1805, trabalhou em Minas Gerais com a exploração de nitreiras (no Monte Rodrigo) e com expedições em busca de ouro, prata, ferro, cobre, chumbo, etc. (SILVA, 1999). Dentre seus trabalhos mais importantes, destacam-se: “Memoria sobre a capitania de Minas Geraes” (1799), “Memoria sobre as minas da capitania de Minas Geraes” (1801) e “Sobre as salitreiras naturaes de Monte Rorigo: maneira de as auxiliar por meio das artificiaes, refinaria do nitrato de potassa, ou salitre” (1803).

- Joseph Barbosa de Sá (? - 1775), que atualmente vem ganhando maior interesse nos estudos de História da Ciência no Brasil, é considerado o principal cronista de Cuiabá e Mato Grosso. Formado advogado e sem estudos formais na área de Filosofia Natural, buscou construir uma análise profunda, utilitarista e classificatória dos três reinos naturais. Seus diálogos (“Dialogos geograficos coronologicos polliticos e naturais escriptos”), publicados em 1769 com mais de 400 páginas originalmente, constituem uma verdadeira narrativa sobre os bens naturais da atual região Centro-Oeste (SANTOS; CAMPOS, 2013).

- Joseph Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765) era um engenheiro português contratado pelo Rei D. Pedro II como Mestre da Aula do Terço, uma escola de formação militar no Rio de Janeiro. Chegou ao Brasil em 1739 para assumir aulas relacionadas às áreas de Artilharia e de Matemática aplicada à Engenharia, havendo contribuído para o conhecimento, uso e fabricação da pólvora no território brasileiro no século XVIII, através de seus principais trabalhos: “Exame de Artilheiros”, de 1744 e “Exame de Bombeiros”, de 1749. Destaca-se aqui que sua formação como engenheiro reflete-se na maior parte de seus textos, cujas descrições e narrativas mais relacionadas a atividades empíricas e metódicas criam um contraponto com relação às explicações da área de História Natural empregadas pelos naturalistas de formação aqui estudados (PIVA; FILGUEIRAS, 2008).

- Manuel Ferreira da Câmara (1764-1835) é mais conhecido, devido a sua atuação política, como Intendente Câmara. Nascido na região de Diamantina (MG), formou-se em Coimbra em Leis e Filosofia Natural, sendo também discípulo de Vandelli, com quem aprendeu importantes conceitos e práticas da Mineralogia. Antes de retornar ao Brasil, viajou pela Europa Central e Setentrional para complementar sua formação nesta área. Já em território brasileiro, foi então nomeado para o cargo que lhe tornaria um famoso político: Intendente Geral das Minas na capitania de Minas Gerais (FIGUEIRÔA; SILVA, 2000; VARELA, 2008). Dentre seus principais trabalhos, destacam-se: “Memória de observações físico-econômicas acerca da extração do ouro do Brasil” (1789) e “Plano para a abertura da estrada que da Real Fábrica de Ferro do Morro do Pilar se vai, segundo as ordens régias para abrir para o rio Doce” (1819).

- Martim Francisco Ribeiro de Andrada (1775-1844), nascido em Santos (SP), era de uma família da elite brasileira e irmão mais novo do também naturalista José Bonifácio de Andrada e Silva. Estudou Matemática e Filosofia Natural na Universidade de Coimbra, onde se dedicou à tradução e publicação (na Tipografia do Arco do Cego) de diversos e importantes manuais mineralógicos. No Brasil, envolveu-se em cargos políticos relacionados à exploração mineral na capitania de São Paulo, como Diretor Geral das minas de ouro, prata e ferro e da Real Fábrica de Ferro de Ipanema, e realizou diversas viagens científicas por estes territórios (algumas com seu irmão José Bonifácio), produzindo interessantes trabalhos (VARELA, 2009), como: “Descrição do Morro, do mineral de ferro, sua riqueza, methodo uzado na antiga Fabrica, seus defeitos” (1803) e “Jornaes das viagens pela capitania de São Paulo – Jornal de viagem por diferentes villas desde Sorocaba até Coritiba” (1805).

É, portanto, sobre esse contexto ilustrado de intensa produção de conhecimento e desenvolvimento de pesquisas, viagens e atividades científicas relacionadas à exploração mineral no Brasil colonial que se debruça o presente trabalho. O exame e a reflexão sobre os textos produzidos por esses naturalistas luso-brasileiros levaram à constatação da presença de ricas visões de Ciência, especialmente da Química, bem como do desenvolvimento e aplicação de conhecimentos químicos modernos àquela

época (mesmo que algumas ideias fossem ainda fortemente vinculadas à Alquimia).

São apresentadas, a seguir, as análises destes materiais históricos, com especial ênfase nos conhecimentos e práticas químicas empregados por estes cientistas nacionais. Destaca-se, por fim, a opção pela separação destas reflexões entre atividades de mineração em geral e aquelas de exploração do salitre, visto que este último tema apresenta, por si só, potencialidades para o Ensino de Química tão relevantes quanto às da mineração tradicional (entendida aqui como a exploração de ouro, ferro, diamantes, etc.).

2. O CONHECIMENTO QUÍMICO E A MINERAÇÃO: OS MINERAIS, SUAS PROPRIEDADES E EXPLORAÇÃO

A mineração, como visto anteriormente, engloba um conjunto de técnicas empregadas para a exploração de bens minerais da natureza, isto é, sua extração, purificação e eventuais preparos para que possam então serem utilizados das mais diversas formas. Mas o que são bens minerais?

Os minerais podem ser definidos como sólidos de ocorrência natural, com arranjo atômico altamente ordenado e uma composição química homogênea e definida, mas não necessariamente fixa (KLEIN; DUTROW, 2012). São frequentemente formados por processos inorgânicos, sendo, portanto, considerados materiais inorgânicos (à exceção de alguns poucos casos orgânicos³⁹). Atualmente, mais de 4000 minerais são conhecidos, ainda que menos de 200 sejam realmente comuns.

Nessa definição do que vem a ser um mineral, encontramos importantes conceitos químicos, como: estados físicos da matéria (“sólidos”), ligações químicas, retículos cristalinos e interações intermoleculares (“arranjo atômico altamente ordenado”), fórmulas químicas e composição da matéria (“composição química homogênea e definida”) e compostos e reações inorgânicos (“processos inorgânicos”).

Quanto às ligações químicas presentes nos minerais, convém destacar que esses são formados, em sua grande maioria, por ligações do tipo iônica, formadas

³⁹ Como a evenkita = $(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2)_{22}$, a fichtelita = $\text{C}_{19}\text{H}_{34}$, e a whewellitita = $\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot (\text{H}_2\text{O})$

essencialmente entre átomos de oxigênio (óxidos) ou halogênios (halogenetos) com metais alcalinos, alcalino-terrosos e de transição (KLEIN; DUTROW, 2012). Neste caso, os átomos metálicos, que geralmente representam o maior interesse da Mineração, estão ligados a outros elementos (são chamados, portanto, de “metais mineralizados”) e, assim, precisam passar por processos de extração, em que são então separados e obtidos em sua forma de substância simples. Na Tabela 5, a seguir, encontram-se alguns exemplos de metais mineralizados de grande interesse econômico (os chamados “minérios”).

Tabela 5. Alguns exemplos de metais mineralizados

Minerais oxigenados	
Nome	Fórmula química
Hematita	Fe_2O_3
Magnetita	Fe_3O_4
Bauxita	Al_2O_3
Rutilo	TiO_2
Cassiterita	SnO_2
Minerais sulfetados	
Pirita	FeS_2
Calcopirita	CuFeS_2
Galena	PbS
Esfalerita	ZnS

A existência do metal na forma simples na natureza não é tão frequente, mas é possível; neste caso, ele é chamado de “metal nativo”. Como metal nativo, o mineral apresentará então ligações metálicas em sua estrutura, que lhe irão conferir diferentes propriedades com relação aos minerais tradicionais, ou “mineralizados”, formados por ligações iônicas (KLEIN; DUTROW, 2012).

Há ainda a possibilidade, em situações bem mais específicas, da presença de ligações covalentes na formação destes minerais. É o caso do diamante e da grafita (formados por ligações covalentes estabelecidas entre átomos de carbono) e, em parte,

dos silicatos⁴⁰. Novamente, os minerais covalentes apresentarão propriedades químicas e físicas diferentes quando comparados aos metais nativos e aos minerais iônicos. Na Tabela 6, a seguir, podemos ver algumas comparações entre estes três tipos de minerais:

Tabela 6. Propriedades dos minerais de acordo com sua ligação química predominante

Propriedades	Iônicos	Covalentes	Metálicos
Condutividade elétrica	Baixa	Baixa	Alta
Condutividade térmica	Baixa	Baixa	Alta
Solubilidade em água	Alta	Baixa	Muito baixa
Dureza	Média a elevada	Muito alta	Variável (maleáveis)

A Mineração tem como objetivo principal a retirada destes materiais da natureza e, portanto, lançará mão de técnicas, em geral, físicas, para a abertura da chamada “lavra”, ou seja, dos locais de escavação de solos e rochas. O modo de se lavar a terra rica em minerais vai depender da disposição destes materiais na crosta terrestre: uma mina pode essencialmente ser do tipo “céu aberto” ou “subterrânea” (HARTMANN; MUTMANSKY, 2002). Desta forma, diversos são os métodos que podem ser empregados nesta escavação; para o caso de minas subterrâneas, eles consistirão de basicamente duas etapas: a perfuração (etapa em que a rocha onde se localiza o mineral é perfurada, com máquinas hidráulicas até que ele seja alcançado) e a remoção (o mineral alcançado é retirado pelas aberturas feitas na perfuração). Há ainda a possibilidade do uso de materiais explosivos no caso de rochas muito difíceis de serem completamente perfuradas; esta etapa é chamada de “desmonte” (HARTMANN; MUTMANSKY, 2002).

Após a remoção destes minerais da natureza, uma nova etapa em seu processamento pode ser necessária: como grande parte dos minerais encontrados na natureza apresenta-se na forma “mineralizada” (exemplos vistos na Tabela 5), é

⁴⁰ No caso dos silicatos, classe de minerais formados pelo grupo Si-O, suas ligações químicas possuem um caráter intermediário entre iônicas e covalentes (GILL, 1996).

importante o destaque às principais técnicas de extração do elemento metálico da estrutura do mineral. Cada tipo de metal (Fe, Cu, Sn, etc.) necessitará de uma técnica específica para ser obtido, mas, em geral, comumente empregam-se etapas envolvendo aquecimento, reações químicas em alta temperatura (no caso de metais oxigenados e sulfetados⁴¹, por exemplo, podem-se empregar reações com carvão/carbono) e até mesmo processos eletrolíticos de redução destes metais (atividades conhecidas como metalurgia).

2.1. O conhecimento químico nas atividades de Mineração do Brasil colonial

Fica claro, ao analisarmos a praxe tradicional inerente à Mineração, que o conhecimento químico então empregado relacionava-se com práticas e técnicas de extração, manipulação e purificação de materiais. Assim, destaca-se a forte presença, nesse contexto, de atividades de observação macroscópica da natureza (prospecção e avaliação de minas), de separação de misturas, de análises experimentais (testes para detecção química e física da presença de determinados materiais), etc.

Porém, como eram empregados estes conhecimentos e técnicas pelos trabalhadores da Mineração no Brasil colonial? E qual a origem desta Ciência? A tentativa de responder a estas questões trata-se, claramente, de uma complexa e profunda tarefa, principalmente devido ao ainda recente, como já destacado, interesse pela Historiografia das Ciências brasileiras. Nesse sentido, no presente trabalho, não busco fazer desta empreitada meu objetivo principal; contudo, visando contribuir com esta área, apresento aqui alguns pequenos aportes, oriundos de minha análise, sob o ponto de vista da Química, dos textos históricos produzidos neste contexto de exploração mineral.

Inicialmente, chamam a atenção as concepções vigentes entre os pesquisadores e naturalistas brasileiros sobre a própria formação e origem dos materiais minerais. É interessante notar que a fusão entre pensamentos mágicos (muito relacionados às ideias alquímicas, religiosas-europeias e, até mesmo, influenciados pelos saberes indígenas) e modernas teorias sobre a formação do planeta (interior e superfície) era

⁴¹ A reação entre minerais sulfetados e carvão é conhecida como ustulação.

latente nas falas de inúmeros naturalistas e pensadores brasileiros do período.

Destaco aqui, a título de exemplo, um trecho do trabalho de Joseph Barbosa de Sá sobre os materiais minerais que analisava na atual região do Centro-Oeste brasileiro, intitulado “Diálogos Geográficos Chronologicos, Politicos e Naturais” (publicado em 1769 e republicado, na íntegra, em 2013⁴²):

Sobre esta produção consentem os doutos do mundo, querendo uns que fossem a princípio criados logos na formação da terra, fazendo-os tão velhos como ela e de igual duração, e que debaixo da nominação de terra compreendeu o criador tudo quanto nela se continha como partes de sua integridade, que as virtudes dos astros não alcançam ao centro aonde têm princípios os minerais; afirmando que tem os troncos como de árvores na região média da terra de donde alcançam com as ramas a superfície, cujas folhas são as que se lhes colhem. Outros querem que sejam de novo gerados dando a cada um seu progenitor: ao ouro o sol, a prata a lua, ao ferro Marte, ao estanho Júpiter, ao chumbo Saturno e ao azougue Mercúrio, ao cobre Vênus. (SÁ, 1769 apud GUIMARÃES, 2013, p. 287)

Neste trabalho, é importante notar que Barbosa de Sá agrega a visão mágica de formação dos minerais, sob importante influência da alquimia europeia e também dos pensamentos indígenas locais (fortemente associados ao papel dos corpos celestes no surgimento dos materiais naturais), às modernas ideias sobre a formação do próprio planeta Terra (“Sobre esta produção consentem os doutos do mundo, querendo uns que fossem a princípio criados logos na formação da terra, fazendo-os tão velhos como ela e de igual duração”). Trata-se, portanto, de um interessante exemplo do processo de transição e também de fusão de conhecimentos em vigência àquele período em que as

⁴² A versão aqui utilizada consiste naquela transcrita, a partir do original existente na Biblioteca Pública Municipal do Porto/Portugal (catalogado como nº 235), e publicada em 2013 pelo trabalho de Mestrado de Maria Gabriela de Araújo Guimarães intitulado “Os Diálogos de José Barbosa de Sá (2a metade do século XVIII)”, da Universidade Portucalense. Segundo Papavero et al. (2009), uma cópia moderna deste manuscrito pode ser encontrada no Instituto Histórico-Geográfico Brasileiro (item nº 11.295 do “Catalogo da Exposição de Historia do Brasil”).

Ciências, principalmente químicas e físicas, passavam por intensas modificações.

Já sobre as técnicas de exploração desses minerais no Brasil, podemos identificá-las como, inicialmente, atividades essencialmente manuais, principalmente ainda entre os séculos XVI e XVII. Gonçalves (2007) destaca, por exemplo, que no início da exploração aurífera em Minas Gerais (principalmente em seus sertões), apanhavam-se os grãos de ouro com as mãos, dada a rica existência deste material de forma superficial em nosso território (incluindo-se pequenas profundidades de leitos de rios). Era o chamado ouro de aluvião⁴³, encontrado muito facilmente misturado a cascalho e que apenas deveria ser separado empregando-se ferramentas simples, em geral, de práticas agrícolas de subsistência (GONÇALVES, 2007).

Figueirôa (2007) acrescenta que se tratava de um processo de extração muito simples e rudimentar, no qual os trabalhadores empregavam essencialmente peneiras (separação por diferença de tamanho de partícula) ou bateias (separação por diferença de densidade)⁴⁴, visando à separação destes cascalhos e areias dos particulados de ouro. Observa-se, então, o claro caráter técnico-prático destas primeiras atividades de exploração mineral no Brasil, em que predominavam os conhecimentos empíricos, desenvolvidos e aprimorados por estes próprios trabalhadores em suas práticas rotineiras.

João da Silva Feijó, ao discorrer sobre as minas de ouro brasileiras e sua exploração, já em 1797, destaca esta facilidade inicial da prospecção e extração deste metal, principalmente com relação às atividades rudimentares e manuais:

⁴³ Também conhecido como ouro de lavagem, era produto da ação das chuvas sobre rochas, formando depósitos – camadas sedimentares – principalmente em leitos de rios pouco profundos.

⁴⁴ A bateia trata-se de um utensílio empregado para a concentração de ouro extraído de leitos de rios, no qual uma pequena quantidade de água é adicionada à mistura sólida, a fim de, através de agitação contínua, separar estes componentes sólidos por densidade. Muito tem se associado a sua presença na mineração brasileira aos escravos africanos, que a usavam em atividades mineradoras em suas regiões de origem. Contudo, a presença de ilustrações, anteriores aos regimes escravocratas, em livros europeus sobre Mineração, como o já citado *De Re Metallica*, de Agrícola, nos faz crer que sua chegada ao Brasil possa ter diversas origens e influências simultâneas (GONÇALVES, 2007).

Todos sabem que nos primeiros descobrimentos das minas de ouro do Brasil este precioso metal aparecia quase à flor da terra, e muitas vezes em massas bem avultadas, e que com pouco trabalho e dispêndio, ainda que sem a devida economia, era extraído e se fundia; hoje, porém, não produzem aqueles restabelecimentos de ordinário um equivalente às suas despesas e trabalhos por ser muito mais raro ou por se achar entranhado pelo centro das montanhas, ou porque tendo-se recolhido quase todo que se apresentava virgem, resta talvez o que estará em diferentes estados de mineralização ou combinação para não poder ser tão facilmente conhecido por aqueles nossos mineiros que ignoram absolutamente todos os princípios fundamentais da arte de trabalhar as minas. (FEIJÓ, 1797 apud SILVA; LOPES, 2004, p. 741)

Por sua vez, os irmãos Andrada, José Bonifácio e Martim Francisco, em seu trabalho de 1820 (intitulado “Viagem mineralógica pela província de São Paulo”), resultante da viagem que realizaram por esta região, também destacam esta característica simples, pouco precisa e fortemente manual da exploração do ouro na região:

Sobre a camada de grés pousa a formação aurífera de uma das minas mais ricas de Jaraguá, que, segundo me parece, provém da decomposição dos minerais de ferro aurífero, e que forma uma espécie de cascalho que os trabalhadores aproveitam e lavram, não sem grande perda do ouro, pelo seu mau método de apuração. Mais abaixo, e para um lado, há outra mina de ouro, mas o seu cascalho é mais miúdo. É formado de seixos brancos de grés e de quartzo misturados com pequena quantidade de fragmentos de minas de ferro de um a dois palmos de grossura. Este cascalho é coberto de uma camada de terra argilo-ferroginosa, que tem quase duas braças e meia de grossura, e que é preciso desmontar para poder aproveitar o cascalho; porém este cascalho, como a piçara inferior sobre que assenta, tem pouco ouro. Dois palmos cúbicos, lavados e apurados pela bateia, deram apenas duas ou três fagulhas de ouro, sem depor cor como a mina já descrita.

(SILVA; ANDRADA, 1820, p. 6-7)

Nota-se, nos trechos escritos por Feijó e pelos irmãos Andrada que, no século XVIII, auge da exploração mineral no Brasil, este caráter rudimentar e extremamente empírico de extração passou a ser criticado. Nesse âmbito, surgem desaprovações essencialmente ao pouco investimento e interesse nas técnicas de exploração mais complexas (e, porém, mais rentáveis e produtivas), envolvendo explorações em montes e minas (que necessitariam das atividades de desmonte) e em maiores profundidades de rios (chamados então de tabuleiros), como já ocorria na América Espanhola (GONÇALVES, 2007).

Assim, novos conhecimentos e técnicas seriam necessários para alavancar quantitativamente a exploração mineral brasileira, como destaca Filgueiras (2007, p. 162): “pela primeira vez [século XVIII], a economia dependia de conhecimentos científicos precisos (...). A atividade mineradora exigia que se dominassem várias disciplinas, entre as quais a mineralogia, a geologia, a metalurgia, a engenharia de minas e a química analítica.”.

Em um claro exemplo de como os mineradores tentaram aperfeiçoar seu trabalho conforme dificuldades de exploração eram encontradas, temos a introdução das rodas de rosário, ainda no início do século XVIII, para o esvaziamento das catas (escavações), ou seja, para a retirada de águas e terras encontradas em poços escavados para remoção do ouro durante o desmonte. Credita-se a invenção destas rodas ao povo romano (com posterior aprimoramento pelos árabes), que as empregavam para a remoção de água de níveis subterrâneos onde construções da área de hidráulica seriam realizadas. A partir do século XVI, já eram amplamente conhecidas por diversos povos ao redor do mundo, inclusive na América.

Segundo Gonçalves (2007, p. 198-199), este equipamento consistia em uma roda d'água que “acionava uma corrente composta por caixões de madeira abertos e inclinados. À medida que a roda era acionada, os caixões eram mergulhados de boca para baixo e ao subirem cheios despejavam, por inclinação, seu conteúdo para depois recomeçar o ciclo”. Esta mistura de água com terras era então levada para tanques de decantação (conhecidos como mundéus) onde, por diferença de densidade, os

particulados de ouro se depositavam ao fundo. Este precipitado era, por fim, escoado por uma superfície recoberta com couros de boi, a fim de promover a aderência das partículas de ouro aos pelos animais, separando-os da água e da lama mais grossa (GUIMARÃES, 2005).

Antônio Pires da Silva Pontes Leme (1750-1805), um importante Matemático mineiro formado em Coimbra, destaca o papel do emprego dos rosários na melhoria do processo exploração do ouro no Brasil, em seu trabalho sobre a extração deste material nas minas brasileiras (escrito entre 1800 e 1805, segundo estimativas) (SILVA; FIGUEIRÔA, 2004):

Ainda que estas formações de cascalho se vão empobrecendo a medida que os rios crescem no cabedal de águas e se afastam da serra Primitiva, contudo a grande dimensão em profundidade que tem os dos sólidos de cascalho ofereciam aos mineiros um trabalho profícuo, enquanto não havia desmontes, e entulhos, que os cobriam; logo, porém, que esta dificuldade se fez geral, recorreram às Máquinas Hidráulicas, conhecidas pelo nome de Rosários, entre os quais tratam a faculdade; com estas, esgotam os poços, ou catas como eles chamam, e o vazio que deixam as matérias úteis ou cascalhos que devem tirar, induzem sempre uma grande praça, o que pela regra geral dos fluidos oferece uma infinidade de fontes para dentro do fosso, que se acha mais, e mais baixo. (LEME, 1896 [ca. 1800], p. 420)

Neste amplo e complexo contexto de revitalização da mineração colonial brasileira, inúmeros outros trabalhos e técnicas foram aqui implementados. Contudo, de onde viriam estes conhecimentos? Quais seriam outras saídas e alternativas empregadas pelos trabalhadores e responsáveis pela Mineração brasileira visando aprimorar e expandir esta atividade?

É importante destacar aqui que grande parte deste conhecimento não pode ser remetida a uma única origem, ainda que muito se deva às inovações técnico-científicas surgidas na Europa, principalmente a partir do século XVII. Destaca-se um interessante

processo de “hibridização”⁴⁵ entre os saberes locais, essencialmente relacionados às práticas empíricas, e aqueles ligados às novas teorias e modelos físicos e químicos então em desenvolvimento na Europa.

Arboleda (1987) argumenta ainda que o fenômeno de introdução de novos conhecimentos e técnicas em uma cultura não ocorre de forma automática e pouco complexa, mas sim sofre uma grande influência dos chamados “materiais culturais pré-existentes”. Nesse sentido, ainda que a exploração mineral brasileira seja conhecida como local de afluência dos conhecimentos europeus sobre esta área e também sobre Química e Física, não se pode ignorar que a simples transposição destes conhecimentos ao nosso território não ocorreu de fato, mas foi sim “produto de um processo dinâmico de negociações permanentes entre as estratégias e valores dominantes no mercado internacional de disciplinas científicas e os interesses fracionais e nacionais dos '*gate-keepers*' intelectuais locais” (ARBOLEDA, 1987, p. 3-4).

Neste sentido, não é de se estranhar que muitos dos trabalhos histórico-nacionais sobre este tema apresentem uma grande confluência de diferentes ideias, métodos, sugestões e alternativas para as diversas técnicas de exploração mineral a serem implementadas no Brasil, culminando na formação de uma identidade própria de nossa Mineração. Destaca-se, nesse contexto, uma sequência de equívocos cometidos por José Vieira Couto ao analisar jazidas de ferro pelo território de Minas Gerais. Em sua memória intitulada “Memoria sobre a capitania de Minas Geraes”, de 1799, após algumas análises rápidas, deu por ferro o que posteriormente, em seu trabalho de 1801 (“Memoria sobre as minas da capitania de Minas Geraes”), corrigiu como sendo, na verdade, cobre, admitindo que a pressa em analisar tais amostras o tinha levado a este erro inicial⁴⁶:

Este metal [o cobre], que a natureza criou sempre dez vezes menos que o ferro, é no Brasil, sem comparação, muito mais do que ele; sobeja

⁴⁵ O termo hibridização é aqui empregado em um sentido de uma mistura de componentes originais que gerará um produto novo, com características próprias, porém com heranças claras de suas diferentes origens.

⁴⁶ Todavia, atualmente sabe-se que estas amostras eram sim de ferro, como pensado de início, e que seus erros ocorreram nestes ensaios subsequentes que descreve nesta segunda memória (SILVA, 1999).

abastança, que foi ela mesma a causa dos meus erros, dando por ferro na minha primeira memória de 1799, todas as minas que não eram outra coisa senão minas de cobres. Primeiramente, quando entrei a coligir em meu gabinete todas estas diferentes minas, e as manejei pela primeira vez, à primeira vista, de certo me pareceram todas elas cobres. Saí a viajar a fim de fazer uma maior coleção delas; fenômeno admirável! (COUTO, 1905 [1801], p. 67)

Ferraz (1995b, p. 162) atribui esta sequência de erros de julgamento e também analíticos de Vieira Couto “às características mineralógicas diferenciadas dos minerais brasileiros e, neste sentido, os textos escritos sobre as minas europeias [com os quais Vieira Couto havia sido treinado por Domenico Vandelli] deveriam servir apenas de roteiro para o estudo das amostras americanas”.⁴⁷ Dessa forma, nota-se a necessidade da construção de uma tecnologia e Ciência nacionais, que seriam justamente resultado da hibridização destes diversos conhecimentos com o contexto e saber local, essencialmente brasileiros.

Ainda que passíveis de contextualização e adaptação à realidade brasileira, inúmeros são os trabalhos aqui desenvolvidos que se relacionam claramente com os conhecimentos vigentes à época na Europa, principalmente após as grandes renovações que as ciências químicas presenciaram. A influência dos pensamentos pré e pós-Lavoisier, em um período de intensa transição entre duas tradições químicas, é latente em inúmeros trabalhos, como no caso de João Manso Pereira que, em 1800, escreve acerca das análises que lhe foram atribuídas pelo governo português a respeito de um mineral de prata⁴⁸. Aqui, o autor cita Chaptal⁴⁹, Scopole⁵⁰, Sage⁵¹ e Fourcroy⁵²,

⁴⁷ O Barão Eschwege já havia proferido, àquela época, críticas semelhantes com relação aos pesquisadores e naturalistas brasileiros em sua generalidade (FIGUEIRÔA, 1997).

⁴⁸ Trabalho intitulado “De alguns fenômenos que se apresentaram intentando-se a análise do mineral descoberto pelas diligências do Ilmo. Sr. Conde vice-rei”.

⁴⁹ Jean-Antoine Chaptal (1756-1832) foi um químico francês participante dos trabalhos de reformulação da Química durante o século XVIII. É conhecido por cunhar o termo nitrogênio para nomear o então conhecido gás azoto.

⁵⁰ Médico e químico francês, acerca do qual existem poucas referências na literatura histórica.

⁵¹ Balthazar G. Sage (1740-1824) foi um mineralogista francês e fundador da Escola de Minas de Paris.

importantes expoentes da nova Química, mas considera relevantes os pensamentos anteriores de Cremer⁵³ e Beaume⁵⁴ em suas análises:

Porém, nem com o fluxo negro, nem com o branco, nem com o bórax, nem com o vidro, nem com a castine, nem com a [herbiu] pude nunca obter o seu regulo: e vendo sempre o mau resultado das mesmas operações, comecei a variar por mil modos diferentes as doses destes fluxos, e a empregar outros novamente inventados pelos modernos químicos, como o de Chaptal, o de Scopole, o de Sage e o de Fureroy [Fourcroy]: nunca por isso desprezando o velho Cremer, e o experiente Beaume [Baumé]. (PEREIRA, 2002 [1800], p. 295)

Outro interessante exemplo da influência da Química nas atividades de Mineração no Brasil colonial diz respeito à técnica de amalgamação do ouro com o mercúrio, um processo que visaria diminuir as perdas, já citadas anteriormente, desse material quando da sua separação da areia. Esta técnica consiste basicamente na adição de mercúrio, à temperatura ambiente (portanto, líquido), à mistura de ouro e areia, visando sua interação com o ouro (formação de uma liga metálica ou também chamado de processo de dissolução fracionada) e posterior retirada do contato com a areia.

Esta técnica constitui um interessante exemplo do processo de expansão e hibridização do conhecimento químico pelos diferentes locais em que foi explorada. Sua origem é associada aos fenícios e, posteriormente, foi utilizada pelos romanos, espalhando-se por toda a Europa assim que os primeiros trabalhos de extração aurífera se iniciaram, principalmente através do livro “De La Pirotechnia”, de Vannuccio Biringuccio. Chega então à América, inicialmente a sua parte espanhola, através dos

⁵² Antoine François (1755-1809), conhecido como conde de Fourcroy, foi um químico francês, contemporâneo de Lavoisier e co-autor do texto “Método de Nomenclatura Química”.

⁵³ Abade de Westminster, na Inglaterra, e químico responsável pela tradução para o inglês dos trabalhos de Raymond Lulle.

⁵⁴ Antoine Baumé (1728-1804) foi um químico francês responsável pela invenção de inúmeras técnicas e aparatos químicos.

colonizadores ibéricos, para ser usada nas tentativas de purificação da prata da região peruana, sofrendo importantes modificações com relação à forma como era executada pelos europeus, principalmente devido à natureza deste território e de seus minérios de prata (SERRANO, 1994). Finalmente, passa a ser usada pelos mineiros brasileiros, que adaptam a técnica da América Espanhola para a separação de nosso ouro, como destacado no texto de Manuel Ferreira da Câmara, de 1789:

Capítulo 3º: Meio de evitar a grande perda da lavagem das Minas.

Dois métodos, de cuja escolha só a riqueza e a natureza da matriz devem decidir, fazem o objeto principal desta cap.: O primeiro é o da amalgamação, antigamente usada entre nós – mas com muito pouca arte. O 2º é o da fusão, e terá lugar quando a mina estiver mineralizada, e não for de ouro chamado nativo. Todos os mineiros até o presente têm se servido do mercúrio, para separar o ouro dos corpos e substâncias, que em razão da sua gravidade, se precipitam com ele durante a lavagem. Meu projeto porém, é nunca lavar a mina – porque uma vez que isso se faça, a perda, dada a divisibilidade do ouro, é a bem dizer, necessária.

Todos sabem que o mercúrio tem a propriedade de se unir aos metais – ainda aos mais perfeitos, e fazer com eles um todo que só a evaporação ou fogo pode com facilidade desligar. 2º Que uma vez que haja certa divisibilidade, e contato das partes, que a afinidade ou alteração acontece por leis constantes e inalteráveis. 3º Que o ouro uma vez combinado com o mercúrio, ficando ao mesmo tempo despojado da sua ganga, fica separado de todos os corpos estrangeiros, que o costumam acompanhar, e que em razão da gravidade ou peso se precipitam na lavagem – 4º e último, que o mercúrio combinado com o ouro pode ser facilmente separado por via da destilação, sem perda do mercúrio e do ouro. (CÂMARA, 1789 apud MENDONÇA, 1958, p. 512-513)

Finalmente, nesse cenário de intensas influências, hibridizações e produções de conhecimentos locais no território brasileiro sobre as mais diversas áreas da exploração mineral, as pesquisas sobre o salitre e as nitreiras também representaram um

importante marco. A seguir, destaco agora alguns dos principais conhecimentos e técnicas envolvidos nesta também relevante atividade de exploração mineral.

3. O CONHECIMENTO QUÍMICO E AS NITREIRAS: BREVES CONCEITOS

As nitreiras encerram em si um conjunto de temáticas que agregam importantes conceitos físicos, biológicos e químicos sobre a transformação da matéria e que, portanto, trazem uma riqueza de informações para as ciências químicas. Façamos, então, uma breve explanação sobre o funcionamento das nitreiras, de um ponto de vista essencialmente químico.

O salitre, cuja nomenclatura oficial é “nitrato de potássio” (de fórmula química KNO_3), de maneira geral, forma-se em solos e superfícies úmidas em países de clima quente. Comumente, aparece junto a outros nitratos, como o nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e o nitrato de magnésio $[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2]$, justificando assim a necessidade de sua extração e posterior purificação, através de processos de lixiviação e cristalização. É importante recordar ainda que há dois tipos básicos de nitreiras envolvidas na exploração do salitre: as naturais e as artificiais.

O estudo da construção e da exploração destas nitreiras artificiais nos possibilita um oportuno entendimento do processo envolvido na formação do salitre nos solos, que pode ser estendido, inclusive, para a formação do salitre nas nitreiras naturais. As condições básicas para a formação do nitrato de potássio, seja este natural ou artificial, envolvem a presença de uma fonte de nitrogênio (dejetos de animais, refugos de abatedouros, resíduos de fábricas de curtumes, tecidos, urina, etc.) e outra de potássio (cinzas ou carbonato de potássio – a “potassa”), além de aeração e umidade, permitindo a ocorrência dos processos químicos necessários (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996). Estabelecidas estas condições, ocorrem processos que hoje são conhecidos como inerentes ao Ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio, que consiste nas transformações sofridas pelo elemento nitrogênio (N) nos reinos animal, vegetal e mineral. De forma resumida, podemos descrever este ciclo a partir das três etapas (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996):

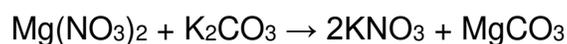
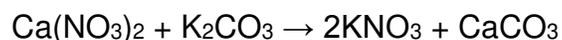
1. Amonização: transformação do nitrogênio presente na matéria orgânica (restos animais e vegetais), principalmente na forma de proteínas, aminoácidos e excretas (urina) em sais amoniacais (derivados da amônia – NH_3), a partir da ação de bactérias decompositoras fermentativas. É importante destacar aqui que o elemento nitrogênio (N) presente na matéria orgânica sob a forma de proteínas, aminoácidos, etc., pode ter duas origens principais. Em seres produtores, como algumas plantas, ele é fixado a partir do gás nitrogênio (N_2) presente na atmosfera, com ajuda de algumas bactérias, e então transformado em compostos orgânicos nitrogenados dentro do ciclo metabólico destes vegetais. Já em seres consumidores, como os animais, ele é obtido a partir do alimento, já rico nestas substâncias orgânicas nitrogenadas.

2. Nitrosação: transformação dos sais amoniacais da etapa de amonização em nitritos (ânions NO_2^-), a partir da ação das bactérias *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*.

3. Nitratação: transformação dos nitritos em nitratos (ânions NO_3^-), através da oxidação dos primeiros ocorrida durante a produção de energia de bactérias do gênero *Nitrobacter*.

Formados os nitratos a partir da decomposição da matéria orgânica depositada nas nitreiras (seja de forma natural, seja de forma artificial), a adição (ou pré-existência) de cinzas e/ou potassa (atualmente conhecida como “carbonato de potássio” - K_2CO_3) possibilita a formação do desejado nitrato de potássio, pela ligação estabelecida entre os cátions K^+ fornecidos por estas substâncias e os ânions NO_3^- advindos do ciclo do nitrogênio.

Após serem localizadas fontes naturais do salitre ou estabelecida sua produção artificial, a continuidade do processo de sua exploração consistia basicamente em extrair das terras o nitrato de potássio, por meio da lixiviação. Destaca-se que, anteriormente a esta extração, poderiam ser adicionadas a estas terras mais cinzas e/ou potassa, com o objetivo de aumentar o rendimento da formação deste sal (FERRAZ, 2000), promovendo a conversão dos já citados nitratos de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] e magnésio [$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$] presentes no solo em KNO_3 , como segue:



Após a promoção opcional destas reações químicas, passava-se efetivamente para o processo de lixiviação das terras das nitreiras, que consistia em adicionar-lhes água em quantidade adequada para dissolver os nitratos (e alguns outros sais ali presentes), separando-os de outros componentes insolúveis destas terras. Finalizada a lixiviação, o nitrato de potássio, bem como outros sais também solúveis em água, estariam dissolvidos e deveriam então passar por um processo de cristalização, visando a evaporação deste solvente. A evaporação controlada da água, ao longo do tempo, levaria à cristalização fracionada de cada um dos sais dissolvidos, separando-os facilmente devido às diferenças de solubilidade neste solvente que cada um destes sais possui (avaliadas através do chamado “coeficiente/grau de solubilidade”).

3.1. O conhecimento químico na exploração das nitreiras no Brasil colonial

De forma muito semelhante à Mineração, as nitreiras compreendem um vasto conjunto de conhecimentos e técnicas no que concerne ao aproveitamento tanto do salitre natural quanto daquele produzido artificialmente. Neste sentido, inúmeras são as referências encontradas com relação a estes diferentes conhecimentos quando se analisam textos histórico-nacionais, especialmente químicos. Buscando contribuir, ainda que brevemente, com a compreensão e elucidação de quais foram estes pensamentos e técnicas, apresento a seguir os resultados mais relevantes obtidos através da análise destes materiais históricos, essencialmente do ponto de vista da Química.

O salitre, como já discutido anteriormente, pode ser encontrado de forma natural e, portanto, grande parte dos trabalhos naturalistas realizados no Brasil durante o período colonial se concentrou em sua prospecção pelo nosso território. Há, nesse contexto, uma grande confluência de conhecimentos, especialmente ligados à Geografia Física (com relação ao relevo, vegetação, pedologia e clima de nosso país), à Química e à Mineralogia, essenciais para a busca e identificação da presença do nitrato de potássio nos solos. Salientamos, então, a importância do conhecimento sobre

nosso território e sua conexão com o entendimento das condições necessárias à formação do salitre natural, como destacado por João Manso Pereira em seu trabalho de 1800⁵⁵ sobre nitreiras construídas em Santos:

Nesta Vila [de Santos] o calor, e umidade são excessivos: desta é testemunha o limo verde, que na maior parte dos edifícios sobe até ao meio das paredes, daquele o termômetro de Reaumur, que subiu sempre a 20, e algumas vezes a 26 graus nos meses de Julho e Agosto, que são o coração do inverno neste país. Parece escusado dizer, que não há clima nesta Capitania onde seja mais pronta a putrefação e, por consequência, a produção do Salitre. Porque o dano que pode causar o excessivo calor, volatilizando o Azote, como pensa Chaptal, é mais fácil de se remediar, do que aquele que procede do excessivo frio. Este só se pode evitar com a despesa do fogo, aquele umedecendo com as regas mais copiosas e amiudadas a Nitreira nos meses em que se temer aquele mal. (PEREIRA, 1800, p. 3-4)

José Vieira Couto, em sua memória⁵⁶ sobre as nitreiras naturais de Monte Rorigo⁵⁷ em Minas Gerais (escrita em 1803 e publicada em 1840), também enfatiza a relevância do conhecimento sobre o ambiente onde este material é formado preferencialmente. Sua preocupação com esse tipo de informação e descrição é notável, estando fortemente relacionada a sua própria formação como naturalista recebida em Coimbra, sob a influência de Domenico Vandelli (SILVA, 1999).

O grande território desta Capitania de Minas Gerais é dividido de Norte a Sul por uma longa e sinuosa serra, que, como seu espinhaço, o divide

⁵⁵ Intitulado “Cópia de huma carta sobre a nitreira artificial, estabelecida na Villa de Santos, da Capitania de S. Paulo”.

⁵⁶ Intitulada “Memória sobre as salitreiras naturaes de Monte Rorigo e a maneira de as auxiliar por meio das artificiaes; refinaria do nitrato de potassa, ou salitre”.

⁵⁷ Atual Serra do Cabral, em Minas Gerais. Ver mapa de Monte Rorigo (intitulado “Carta das nitreiras de Monte Rorigo”), datado de 1701/1800, disponível no Arquivo Público Mineiro:

<http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/modules/grandes_formatos_docs/photo.php?lid=744>

quase em duas partes iguais, e cuja serra em outras minhas Memórias a apelidava a Grande Serra de Minas. Essa mesma serra também divide o clima do país em dois muito diferentes, como também a configuração e natureza do terreno. Olhando seu pico para o Poente espaçam-se, semelhantes a um vasto oceano, longas campinas, terras baixas, fertilíssimas, despovoadas, e com o nome de sertões; um horizonte retalhado e desigual, pela maior parte todo coberto de negras matas (e que forma propriamente o território das minas metálicas) impõe ao observador atônito, oferecendo-lhe uma majestosa e soberba cena, que o transporta e enche de respeito e admiração.

Para as bandas do Poente domina a terra argilosa nas planícies; e as rochas, que em algumas partes levantam pouco seus cabeços, são quase todas de natureza calcária⁵⁸: para o Nascente uma terra vitrescível e dominante, sem mistura de calcárias, ou muito raras, é o único material de monstruosa superfície, que, desde o visa da Grande Serra se estende até as ribanceiras do mar. Os calores são também muito mais ardentes nas terras chãs e baixas dos sertões, nas elevadas encostas e cumeadas dos montes de Minas. Aqui os grandes frios marcam 57 graus no Termômetro de Fahrenheit, e os grandes calores chegam ao redor de 75, e muito poucas vezes a 80. (COUTO, 1840 [1803], p. 390-392)

Ainda nesse mesmo trabalho, Vieira Couto ressalta que, apesar do salitre encontrar, no Brasil, as condições necessárias para seu aparecimento natural, a dependência dessa produção natural não era prolífica ao nosso Governo, principalmente por se tratar de um composto formado majoritariamente na superfície dos solos. Neste caso, o salitre não se comportava como outros produtos de origem mineral, como ouro ou ferro (abundantes e formados a grandes profundidades),

⁵⁸ Destaca-se aqui que o salitre natural pode aparecer em dois tipos principais de solos: calcários (presença do salitre associada à ação de bactérias decompositoras sobre dejetos animais) e areníticos (salitre surge devido ao ataque, às rochas, de ácido nítrico advindo de matéria orgânica). As terras calcárias são mais comuns no Brasil e, assim, grande parte de nosso salitre natural, como o de Monte Rorigo, era encontrado neste tipo de solo descrito por Vieira Couto (CARRARA JR.; MEIRELLES, 1996).

condicionando sua formação a pequenas camadas superficiais e, portanto, restringindo sua escala de exploração natural:

Também pelo que fica dito se vê que é exagerada toda a abundância que apregoam dos nossos nitratos naturais, ou espontâneos. Um tal sal, que é só produzido muito à superfície da terra, que não se estende por baixo dela em veias ou camadas, como alguns quiseram persuadir; que depois de uma vez extraíndo, convém que corra o tempo para haver nova e sucessiva produção; um tal sal nunca será de uma tal fartura para preencher um grande objeto. Estas nossas salitreiras naturais, para o dizer de uma vez, sem serem auxiliadas pelas artificiais, pelos braços e atividade dos povos, nunca serão uma grande coisa. (COUTO, 1840 [1803], p. 396)

Neste sentido, ele e outros pesquisadores da época, como José de Sá Bittencourt Accioly e João Manso Pereira, defendiam o investimento na construção das chamadas nitreiras artificiais, que consistiriam basicamente de locais em que as condições naturais para a produção do salitre seriam reproduzidas, visando sua produção em larga escala:

Pelo que fica exposto já se vê, e é patente a todos aqueles que entendem do mecanismo, e de tudo o que se passa debaixo das salitreiras artificiais respectivo à produção do nitrato de potassa, que a origem dos nitratos de Monte Rorigo não é outra, que não seja a mesma dos nitratos produzidos nas salitreiras artificiais, e que estas só se distinguem daquelas unicamente por serem fabricadas pelas mãos dos homens, e o nitrato aí produzido à custa da indústria humana. (COUTO, 1840 [1803], p. 396)

Nesse contexto, implantavam-se no Brasil alguns dos mais modernos pensamentos químicos com relação à dualidade natural-artificial. Neste momento, destacava-se a superação (ao menos no que diz respeito aos materiais minerais) dos questionamentos antigos sobre a existência de diferenças significativas entre

substâncias químicas produzidas pela natureza (em seus diferentes ambientes) e aquelas sintetizadas em laboratórios, através de técnicas e procedimentos químicos. Os autores aqui citados, ao advogarem pela construção destas nitreiras artificiais, incorporam então em suas falas esta nova faceta da Química moderna (FERRAZ, 1995b).

A construção dessas nitreiras artificiais estava ainda amplamente associada à compreensão da própria formação desse material na natureza e, em especial, ao entendimento de quais os reinos (animal, vegetal ou mineral) estavam envolvidos em sua origem (FERRAZ, 2012). Tratava-se, portanto, de uma temática de forte apelo aos naturalistas do período, que buscavam justamente este maior conhecimento acerca da natureza e de seus processos de funcionamento. Neste caso, as ciências biológicas e, principalmente, químicas, possuíam papel central e, num período de intensa reformulação do pensamento químico, suas marcas são evidentes nos trabalhos de então:

O salitre por todos bem conhecido, é um sal neutro composto pelo Ácido Nitroso combinado até o ponto da saturação com o Álcali fixo vegetal, de onde se segue, que logo que estes princípios existirem unidos, ou na esfera da sua atração, deve infalivelmente existir o terceiro. Ele se forma na superfície da terra própria para produzir, nas cavas, lapas, alpendradas cobertas da chuva, aonde existem as substâncias capazes de o fazerem aparecer, contanto que o possa circular a massa da terra, aonde ele se gera, cooperando muito para a sua formação, um certo grau de umidade muito necessária.

O ar, que conforme as observações de M. Hellot se tornava necessário para a formação do Nitro, como agente, ou fermentante dos seus princípios, agora que melhor se conhece a razão suficiente do modo, como ele obra, segundo as observações de M. Cavendish, na combinação de sete partes do ar puro, três de ar impuro, com o choque da faísca elétrica para produzir o ácido nitroso. (ACCIOLY, 1845 [1800], p. 87)

Nesse trabalho sobre as nitreiras de Montes Altos⁵⁹, na Bahia, José de Sá Bittencourt Accioly busca descrever a composição do salitre, associando-o principalmente aos conceitos de sal neutro e aos compostos ácido nitroso (entendido hoje como ácido nítrico) e álcali fixo (substância de caráter básico e de origem vegetal; em geral, empregava-se o carbonato de potássio, também chamado à época de potassa). Aqui, é interessante notar a presença de então modernas concepções (relacionadas a atrações e princípios) sobre a ocorrência de reações químicas (“logo que estes princípios existirem unidos, ou na esfera da sua atração, deve infalivelmente existir o terceiro”), bem como a influência de importantes pesquisadores do período na elucidação deste processo de formação do salitre, provavelmente fruto de seus estudos realizados em Coimbra. Destaca-se, por exemplo, a citação aos trabalhos de Jean Hellot (1685-1766), químico francês envolvido com a área de metalurgia e com os estudos pneumáticos, basicamente sobre o ar atmosférico. Conhecido por sua grande influência na revolução química a ocorrer na França, Hellot fez relevantes investigações sobre os nitratos (chamados então de “nitro”), buscando compreender sua formação natural: creditava ao ar atmosférico, como citado por Accioly, a principal responsabilidade pelo surgimento deste tipo de material na natureza (WISNIAK, 2009).

Neste contexto, Accioly, assim como outros investigadores brasileiros, compartilhava o pensamento de que a formação do ácido nítrico no solo (que posteriormente daria origem ao nitrato de potássio, através de sua reação com a potassa) estava relacionada à presença do gás oxigênio no ar atmosférico, baseando-se claramente nos então recentes trabalhos da Química Pneumática, como os do também citado Henry Cavendish. Era a chamada ‘nova Química do oxigênio’, substância que passou, após estas investigações, a ser chamada de ‘formador de ácidos’, devido a sua intrínseca relação com a formação desta classe de substâncias químicas (FERRAZ, 1995b).

Além do gás oxigênio (citado como ‘agente fermentante’ - atualmente entendido como agente oxidante), destaca-se ainda a menção de Accioly à necessidade do nitrogênio para que o ácido nítrico se formasse nos solos. Contudo, é interessante

⁵⁹ Intitulado “Memoria sobre a viagem ao terreno nitroso dos Montes-Altos em 1799” e publicado, inicialmente, em 1800.

ressaltar que, àquela época, duas origens principais eram aceitas e investigadas como fontes deste nitrogênio. A primeira, citada por Accioly, era o gás nitrogênio também presente no ar atmosférico (“ar impuro”), que reagiria com o gás oxigênio através da incidência de faíscas elétricas (método desenvolvido em laboratório pelo próprio Cavendish). Tratava-se de uma técnica de produção do salitre de grande interesse para o governo português, pois ambos reagentes (gás oxigênio e gás nitrogênio) eram encontrados em abundância no ar atmosférico e, a partir dos conhecimentos da nova Química, isso poderia significar a sonhada independência da metrópole em relação ao salitre vendido por outros países europeus, como a Inglaterra e a França (FERRAZ, 2012).

Outra possibilidade, encontrada nos trabalhos de Vieira Couto e de João Manso Pereira, seria a liberação de átomos de nitrogênio no solo pelos processos de putrefação de matéria orgânica (como urinas, lixos, estrumes, lamas de charcos e de latrinas, esgotos e, até mesmo, pó de sepulturas⁶⁰), sobre a qual o gás oxigênio agiria igualmente como agente oxidante (FERRAZ, 1995b):

Toda a porção de ar, que vai desde a superfície dos corpos, que apodrecem até o teto da Nitreira, está cheia de gases, que devem estar em quietação para se formar o ácido nítrico. Logo, quanto menos poroso for o teto da Nitreira, como, sem controvérsia, é menos poroso o de palha, que o da telha; tanto maior porção de ácido se formará continuamente sobre a superfície, que é composta, não só de matérias, que apodrecem, mas também de terras absorventes. Daqui vem que formarei o teto da minha Nitreira com palha duplicada; e que talvez me tentarei a fazer outro teto sobre este, para assemelhar, do modo possível, a Nitreira às adegas, que a observação tem mostrado serem as mais aptas para a formação do Salitre. Se esta razão é insuficiente para a preferência dos tetos de palha; basta para mim, que

⁶⁰ João Manso Pereira, em seu trabalho sobre a nitreira de Santos, sugere o uso de terras de sepulturas antigas (já completamente submetidas ao processo de putrefação) como fonte de nitrogênio, de forma a aumentar o rendimento da produção de salitre artificial sem acréscimos das despesas do governo (PEREIRA, 1800).

os aprove Urtubie⁶¹; pois em matérias de Salitre tenho jurado nas suas palavras. Para não incomodar tanto aos trabalhadores na ocasião das regas, abrirei as portas, e farei cessar o movimento da roda: desta sorte evitarei, que sejam sufocados pelo forte e penetrante cheiro do álcali volátil, que exalam as urinas misturadas com cal. (PEREIRA, 1800, p. 11-12)

Formado então o ácido nítrico, a próxima etapa de produção do nitrato de potássio consistiria no fornecimento de átomos de potássio ao solo, principalmente através do uso da potassa (carbonato de potássio). Este material teria sua origem nas cinzas advindas da queima, em especial, de madeira, como praticado largamente na França daquele período. No Brasil, contudo, inúmeras adaptações com relação às fontes destas cinzas foram realizadas pelos trabalhadores envolvidos com o planejamento e construção das nitreiras, de acordo com os materiais aqui existentes. Há menções do uso dos cinzeiros dos engenhos de açúcar⁶² e também de árvores nativas de nosso país (FERRAZ, 2012), como destacado por João Manso:

A infame árvore da figueira, homicida das outras, e destruidora ainda dos mesmos rochedos, e edifícios, que aqui tem deitado abaixo a alguns e o está fazendo presentemente aos soberbos edifícios do Hospital Real Templo de S. Francisco de Paula; esta infame árvore, torno a dizer, produz uma excelente cinza para o Salitre. Dela há abundância como também dos arbustos Gaeté, que na abundância de álcali ocupa logo o primeiro lugar depois da bananeira e Embé, também alcalífero, que faz uma grande parte da Nitreira de Santos, pois a introduzi entre as camadas de terra. (PEREIRA, 1800, p. 6)

⁶¹ Menção ao trabalho de Theodore-Bernard-Simon d'Urtubie de Rogicourt (1741-1807) intitulado *Manuel de l'artilleur*, cuja tradução acredita-se ter circulado pelo Brasil sob encomenda de D. Rodrigo de Souza Coutinho, ao final do século XVIII e início do século XIX (FERRAZ, 2012).

⁶² Restos dos tanques de água quente misturada com cinzas, empregados na etapa de decoada do açúcar. Estas cinzas permitiam limpar o caldo produzido a partir da cana-de-açúcar, produzindo um açúcar mais forte.

Por fim, o salitre, seja de origem natural, seja artificial, deveria ser submetido a técnicas de extração, visando separá-lo das terras onde se encontrava, bem como de outros sais ali também formados (como os nitratos de sódio e cálcio, o cloreto de sódio, etc.). Assim, inúmeros investigadores dedicaram-se também a esta atividade final do processo de exploração deste material, destacando-se a opção, no Brasil, pela execução de procedimentos de dissolução fracionada:

Tendo posto o salitreiro em execução tudo o que fica dito, e chegado em o fim o tempo da colheita do nitrato, este é indicado por evidentes sinais, que então apresentam as terras da salitreira. Os muros, ou depois de lavrados como ensino, ou renovados, como fica dito, em poucos dias cobrem-se de novo de uma plumagem branca; as terras chegadas à língua excitam uma sensação fria, amarga e picante; elas mostram-se já cabidas em dissolução e poeira, e não viscosas, e conservando ainda muitas de suas partes inteiras: estes sinais indicam que é chegado o tempo das lixívias, ou colheita do nitrato de potassa. A lavagem ou lixiviação das terras é feita com o fim de se extrair todo o sal contido nelas, e principalmente os nitratos, objetos únicos destes trabalhos. A sua teoria funda-se sobre este princípio: que sendo os sais solúveis na água, e a terra não, esta água arrastará consigo todos os sais, separando-os da mesma terra, e deixando a esta intacta. (COUTO, 1840 [1803], p. 406)

O salitre então extraído e purificado teria como destino seu uso na produção da pólvora, tão relevante para o sistema de defesa de Portugal naquele período, como já destacado neste trabalho. Justificam-se, dessa forma, os vários trabalhos técnicos sobre o salitre e as nitreiras publicados nesta época (incluindo-se os citados até o momento) que se dedicaram, ainda que parcialmente, a defender o interesse e investimento do governo nesta área. Há, portanto, um claro posicionamento e participação ativa destes investigadores dentro do sistema econômico e político então vigente nas relações entre Brasil e Portugal, no qual a colônia possuía papel central no fornecimento das matérias-primas (principalmente minerais) para a metrópole.

Neste contexto, cabe destacar a interessante história de José Álvares Maciel, não como colaborador direto da metrópole, mas sim como participante importante do movimento da Inconfidência Mineira. Maciel (1761-1804) era mineiro de Vila Rica, membro de uma das famílias mais influentes da região, e formou-se em Filosofia e História Natural na Universidade de Coimbra, dedicando especial atenção às Ciências Químicas. Participou, ao retornar de seus estudos em Portugal e na Inglaterra, das atividades que culminaram na Inconfidência Mineira, sendo responsável, segundo diversos depoimentos, pela exploração do salitre e consequente construção de fábricas de pólvora para o movimento, devido a seu conhecimento das Ciências Naturais. Preso e julgado, em 1792, foi condenado ao degredo em Angola, onde faleceu após anos de investigações mineralógicas, sem jamais retornar ao Brasil (LOPES, 1958; FILGUEIRAS, 1988). A fim de ilustrar a importância estratégica e militar que o conhecimento e a exploração do salitre representavam para o governo brasileiro neste período, apresento a sentença de condenação de Maciel, constante dos Autos da Devassa de Minas nº 4, 18/04/1792:

Mostra-se quanto ao réu José Álvares Maciel, que devendo repreender ao réu Tiradentes pela primeira prática sediciosa que com ele esteve nesta Cidade, e denunciá-lo ao Vice-Rei do Estado, pelo contrário, foi quem lhe aprovou a sublevação e o animou não ao para trabalhar em formar a conjuração, unindo-se também com ele animar e seduzir aos mais réus para a rebelião, com práticas artificiosas, fazendo-os capacitar de que feito o levante, teriam prontamente socorros de potências estrangeiras, donde proximamente se recolhia, referindo-lhe conversações relativas a este fim, que dizia por lá ouvido... Animando-se ainda mais os conjurados com este réu por confiarem dele um grande auxílio, para se manterem na rebelião independentes do Reino, estabelecendo-lhes fábrica de pólvora e de manufaturas, que lhes eram necessárias, sendo este o concurso que se lhe incumbiu nos conventículos⁶³ a que assistiu em casa do réu Francisco de Paula, por ser formado em Filosofia Natural e ter viajado; constituindo-se, por este

⁶³ Historicamente, tipo de reunião clandestina ou secreta destinada à conspiração.

modo, um dos principais chefes da conjuração. (REVISTA DO ARQUIVO PÚBLICO MINEIRO, 1909 [1792], p. 470)

Ainda que breve, a leitura e análise inicial de diferentes textos históricos brasileiros relacionados à exploração mineral em nosso território permite-nos uma compreensão maior do papel que a Química e suas mais diversas técnicas, análises e conhecimentos representou para a História Brasileira. Neste sentido, acredito que a apresentação aos alunos desta sua faceta mais contextualizada e aplicada à realidade nacional seja parte importante de seu processo de ensino-aprendizagem, principalmente no que concerne ao contato com diferentes correntes de pensamento, ao conhecimento da existência de relações extra-científicas, que muito influenciam o campo da Ciência, bem como a compreensão de seu impacto na sociedade.

Possibilita-se, assim, o aqui defendido trabalho não apenas com seus conhecimentos tradicionais (conteúdos escolares – “saber Química”), mas também com aspectos relevantes de sua natureza e das variadas ferramentas, modelos e teorias que emprega em seus estudos e manipulação da natureza (“saber sobre Química”), como já argumentado nos capítulos iniciais deste trabalho (HODSON, 1993; 2008; 2014; MATTHEWS, 1995).

Capítulo V – A Mineração no Brasil colonial: potencialidades para o Ensino de Química

No capítulo anterior, foram apresentadas as principais análises e reflexões realizadas nesta investigação sobre os conhecimentos químicos envolvidos na mineração em nosso território durante o período colonial. A compreensão da rica diversidade de teorias, modelos, visões de Ciência e níveis de conhecimento, bem como da hibridização dessas diferentes ideias (ora locais – Brasil Colonial –, ora globais – Ciência eurocêntrica vigente) presentes nos textos históricos produzidos nessa época tem muito a contribuir para um ensino de Química mais coerente com a realidade e a natureza dessa atividade científica, como afirmei anteriormente. Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo apresentar análises, que sugiro serem realizadas também em aulas de Química, desses textos históricos, buscando promover uma maior reflexão sobre os níveis do conhecimento químico e a Natureza da Química juntamente aos estudantes. Assim, procura-se possibilitar um trabalho escolar mais abrangente, englobando não apenas o ensino de conteúdos, modelos e teorias (“ensino de Ciências”), mas também de suas principais características e especificidades como atividade científica (“ensino sobre Ciências”).

Nesse sentido, acredito que o potencial do tema da Mineração para a introdução e a discussão de conhecimentos químicos escolares (os chamados “conteúdos”) não pode ser ignorado. Ainda que o objetivo central dessa investigação concentre-se nos aspectos da Natureza da Química, suas relações com a sua própria História e com seus níveis de pensamento (“aprender sobre Ciência”), como professora dessa disciplina escolar, interessa-me também a contribuição que certas temáticas e propostas apresentam para o trabalho com conteúdos caros a esta área do conhecimento (“aprender Ciência”) (HODSON, 1993).

É relevante destacar que encontramos alguns bons trabalhos na área de Ensino de Ciências e Matemática⁶⁴ dedicados à construção das chamadas unidades didáticas históricas, nas quais um tema específico é trabalhado com os estudantes (através de

⁶⁴ Principalmente na conceituada revista *Science & Education*.

diferentes materiais e metodologias) tanto do ponto de vista da Natureza da Ciência quanto do conteúdo científico que encerra. Assim, acredito na possibilidade da construção de um trabalho completo, incorporando diversos aspectos importantes para o Ensino de Ciências, tanto do ponto de vista do conhecimento escolar quanto do entendimento da própria Ciência. Destacam-se, neste contexto, o trabalho de Borrego et. al. (1996) com a temática dos fósseis e da importância do trabalho de campo para a investigação científica, já citado nesta investigação, e o de Develaki (2012), que buscou elaborar módulos guiados de ensino sobre o desenvolvimento de uma teoria da gravitação por Isaac Newton, incorporando tanto discussões sobre a Natureza da Ciência quanto aspectos físico-matemáticos e dedução lógica.

Saliento que essa incorporação de conteúdos nas aulas de Química a partir de textos históricos, e da própria História da Ciência, deve ser feita de forma cuidadosa, principalmente de forma a evitar certos anacronismos com relação ao que determinados conteúdos representavam no momento da escrita dos textos e o que representam atualmente para esta Ciência. É claro, esse tipo de trabalho não é inviável ou errôneo; apenas deve ser realizado com o cuidado de provocar e deslocar o raciocínio dos estudantes para outras possibilidades de pensamentos, idéias e conceitos, bem como auxiliar o professor na desnaturalização dos conteúdos prontos e finalizados (os chamados “produtos da Ciência”) que apresentamos aos nossos alunos.

Buscando contribuir para a expansão da reflexão sobre a inserção da temática da Mineração em nossas salas de aulas, aponto então, ainda que brevemente, algumas sugestões de incorporação de conteúdos químicos nas próprias discussões sobre a Natureza da Química a serem realizadas, buscando construir uma espécie de guia para professores que queiram trabalhar concomitantemente tanto com os conhecimentos químicos escolares quanto com aspectos da própria Química, através de um tema central, como a exploração mineral. Durante a análise dos textos históricos, como já visto no capítulo anterior, observei que muitos deles desenvolvem uma intrínseca relação com conhecimentos químicos escolares (principalmente da área de materiais inorgânicos, atomística e fracionamento de misturas) e, portanto, dedicarei pequena parte das discussões à apresentação mais específica de alguns destes potenciais.

Finalmente, destaco que a abordagem dos conhecimentos químicos e de

aspectos da Natureza da Química presentes nos textos históricos originais pode ser feita de diversas maneiras (de acordo com os objetivos esperados e as características das turmas, bem como com os materiais e tempo disponíveis ao professor) e não tenho a intenção de delimitar um ou outro tipo de atividade específica. O que busco aqui é, principalmente, salientar as potencialidades e possibilidades que a leitura de textos históricos pode oferecer para um ensino de Química mais condizente com as ideias de letramento científico, discutidas anteriormente, a fim de fornecer subsídios para o trabalho de colegas docentes.

Apesar disso, é importante ressaltar que qualquer atividade desenvolvida a partir da ótica de um ensino de Química mais relevante social e cientificamente deve implicar a efetiva e ativa participação dos alunos, dentro de uma visão construtivista do processo de ensino-aprendizagem. Neste sentido, segundo Piaget (1973), um trabalho ativo e cooperativo em sala de aula permite, principalmente, a construção de um conhecimento racional, dinâmico e crítico, que aqui seria permeado pelo contato direto dos alunos com esses textos históricos e com todo contexto social, político, econômico e científico no qual eles foram produzidos.

Assim, é imprescindível que a leitura dos materiais históricos seja, de fato, realizada pelos estudantes, permitindo-lhes a reflexão e o desenvolvimento de suas próprias ideias acerca dos mais diversos contextos científicos com os quais entrarão em contato. Cabe ao professor atuar como proponente e mediador dessas atividades, levantando questionamentos e pontuando fatos e situações importantes ao longo de todo o processo. Igualmente, a partir da já defendida dimensão intercultural e de empoderamento crítico destes estudantes (FREIRE, 2005), esse trabalho ativo e engajado mostra-se crucial para o desejado letramento científico.

Todavia, para além de uma perspectiva construtivista de Educação, penso que a HFC e a leitura de seus textos científicos e históricos possuem potenciais relações com o pensamento socioconstrutivista (representado aqui pelos trabalhos de Vygotsky) e com uma conseqüente idéia de apropriação das ferramentas culturais, inclusive simbólicas, da Ciência (DRIVER et al., 1999). Vygotsky (2001 [1934]) argumenta que os processos educativos ocorrem de forma que os membros aspirantes a uma cultura (alunos) aprendam com seus tutores (professores) a entender essa nova cultura e a

transitar por seus sistemas simbólicos (crenças, valores, objetos, linguagem, regras, etc.). Nesse sentido, segundo Mortimer e Carvalho (1996), uma vez que o conhecimento científico é compreendido como uma construção pública, histórica, social e cultural, seu ensino e aprendizagem devem ocorrer através da enculturação, ou seja, da inserção destes estudantes, coletivamente, nesta chamada cultura científica.

Ora, se a HFC, como já argumentado, permitem uma compreensão maior dos diferentes aspectos da construção do conhecimento científico, elas se tornam, então, um importante caminho para esta enculturação (DRIVER et. al., 1999). Ademais, a leitura de textos históricos, feita de forma ativa, contextualizada e crítica, mediada pelo docente e conversada em um contexto coletivo de sala de aula, pode facilitar muito a aproximação dos estudantes à realidade fortemente simbólica e abstrata da Ciência moderna (em um evidente contraste às atividades exclusivamente experimentais e preocupadas apenas com a empiria da Ciência, encontradas em algumas propostas basicamente construtivistas [MATTHEWS, 1992; DRIVER et. al., 1999]).

1. AS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO DO BRASIL COLONIAL NO ENSINO DE QUÍMICA

Apresento, a seguir, trechos extraídos de diferentes fontes históricas primárias sobre a Mineração no período colonial brasileiro, com o objetivo de analisá-los e refletir sobre seus saberes e práticas, em consonância com as discussões estabelecidas previamente sobre o ensino de conhecimentos químicos e de aspectos da Natureza da Química.

Destaco que a opção de organização destes textos foi por subdividi-los em três grandes temas, a saber, 'formação natural', 'extração e obtenção' e 'propriedades e aplicações'. Trata-se de temas tradicionais no âmbito da Mineração, intrinsecamente envolvidos com as próprias etapas de exploração da indústria de bens minerais e que, de forma mais geral, permanecem sendo utilizados até os dias de hoje. Assim, busco facilitar a compreensão da relação científica e empírica das discussões presentes nestes textos, ainda que muitos, devido às características do trabalho científico daquele período, apresentem informações e debates variados e multifacetados, podendo

abarcam mais de um tema de forma simultânea. Essa divisão pode ainda facilitar o próprio trabalho docente em sala de aula, atuando como uma espécie de sequência didática, em que os três temas poderiam ser trabalhados individual e independentemente (de acordo com os objetivos educacionais) e, inclusive, em momentos diferentes.

1.1. Os minerais e sua formação natural

Dentro da temática dos minerais e das teorias e modelos explicativos para sua formação no planeta Terra, apresento inicialmente alguns trechos do trabalho de Joseph Barbosa de Sá (? - 1775) intitulado “Diálogos Geográficos Chronologicos, Politicos e Naturais” (manuscrito de 1769 e republicado, na íntegra, em 2013), no qual o autor dedica-se à apresentação de suas ideias sobre o surgimento dos minerais na crosta terrestre.

Trecho 1

O princípio das criaturas sensíveis, e insensíveis, é Deus como causa prima e a matéria de que as formou, os elementos cujo conhecimento tiveram os primeiros homens do mundo, ainda que confusamente pelas nomações que renderão, e havemos de assentar que a matéria prima de que falaram não foi outra coisa senão os elementos antes que Deus os separasse. Uns os fizeram sendo jogo: as águas, terra e Céu; outros que todos os corpos simples eram elementos; como ainda hoje querem os químicos que o sejam: o mercúrio, sal e enxofre por serem simples e correlativos aos princípios das produções dos minerais e plantas. Outros os dividiram em dois opostos pela levidade e gravidade, passando do fogo e ar um, e da água e terra outro. Outros os fizeram três: ar, água e terra; excluindo o fogo por falta de lugar tenente. Outros que absolutamente negam elementos, fazendo fogo, ar, água e terra criaturas insensíveis como as mais; fundados rezam de que nenhum corpo dissolvido se tornava em fogo, ar, água, nem terra. Aristóteles, foi o que deles melhor filosofou, cuja lição foi a mais bem aceita. É hoje e será em toda a duração do tempo. (...)

Sobre esta produção [dos minerais] consentem os doutos do mundo, querendo

uns que fossem a princípio criados logos na formação da terra, fazendo-os tão velhos como ela e de igual duração, e que debaixo da nominação de terra compreendeu o criador tudo quanto nela se continha como partes de sua integridade, que as virtudes dos astros não alcançam ao centro aonde têm princípios os minerais; afirmando que tem os troncos como de árvores na região média da terra de donde alcançam com as ramas a superfície, cujas folhas são as que se lhes colhem. Outros querem que sejam de novo gerados dando a cada um seu progenitor: ao ouro o sol, a prata a lua, ao ferro Marte, ao estanho Júpiter, ao chumbo Saturno e ao azougue Mercúrio, ao cobre Vênus. (SÁ, 1769 apud GUIMARÃES, 2013, p. 255; 286-289).

Neste primeiro trecho, Barbosa de Sá traz importantes elementos para a discussão sobre a formação dos materiais em nosso planeta, aludindo à grande diversidade de explicações sobre a composição matéria. Apresenta os conhecimentos alquímicos árabes (“o mercúrio, sal e enxofre”) e os elementos de Aristóteles, os quais, inclusive, defende como os mais aceitos àquele período (“Aristóteles, foi o que deles melhor filosofou, cuja lição foi a mais bem aceita. É hoje e será em toda a duração do tempo”). Transita ainda entre a visão mágica de formação dos minerais (“Outros querem que sejam de novo gerados dando a cada um seu progenitor: ao ouro o sol, a prata a lua, ao ferro Marte, ao estanho Júpiter, ao chumbo Saturno e ao azougue Mercúrio, ao cobre Vênus”) e os pensamentos geológicos e mineralógicos sobre a composição do interior terrestre e sua relação com a superfície (“afirmando que tem os troncos como de árvores na região média da terra de donde alcançam com as ramas a superfície, cujas folhas são as que se lhes colhem”).

Destacam-se ainda as constantes referências do autor a questões religiosas (como poderá ser visto também em outros trechos de seu trabalho), denotando uma forte influência da sacralidade (“Deus”, “criador”, etc.) em seus pensamentos, principalmente nas questões de formação dos materiais e da Terra. Barbosa de Sá insere-se, portanto, mesmo no século XVIII, em um contexto geral de acomodação das teorias sacras com os novos modelos e reflexões iluministas, colocando-se em uma situação comum neste período de mudanças sofridas pelo pensamento científico. Nesse contexto, os estudos das rochas e dos fósseis, já ao final do século XVII,

iniciaram um movimento de integração das questões científicas às explicações deístas sobre a origem da Terra, então fortemente relacionadas com a própria existência do homem. Como exemplo deste pensamento híbrido, James Hutton (1726-1797), importante naturalista escocês, creditava as constatações físicas, geológicas e biológicas que fazia a respeito da formação da Terra à existência de uma presença humana eterna, em uma interpretação considerada como não-ingênuo da Bíblia (SOUZA; FIGUEIRÔA, 2008).⁶⁵

Aqui, há a possibilidade de reflexão aberta e abrangente sobre esta relação entre Ciência e Religião em diversos momentos de nossa História, principalmente no âmbito das discussões sobre tempo geológico, Evolucionismo e Criacionismo, tão em voga em nossos dias atuais e, inclusive, em nossas salas de aula (SOUZA; FIGUEIRÔA, 2008). Barbosa de Sá, nesse contexto, pode contribuir para a discussão e compreensão das relações complexas, muitas vezes complementares e nem sempre dicotômicas entre o conhecimento científico e as crenças religiosas, uma vez que encarna exatamente um personagem que busca conciliar diferentes idéias e visões de mundo em seu raciocínio.

Ainda do ponto de vista do Ensino de Química, trata-se também de uma interessante compilação das diferentes teorias e modelos explicativos vigentes àquele período sobre a composição e formação da matéria encontrada em nosso planeta. Nesse sentido, o trecho pode trazer contribuições para a discussão de temas caros à Química, como materiais inorgânicos (“criaturas insensíveis”) e minerais, possibilitando a expansão para tópicos como ligações químicas, propriedades da matéria e atômica (composição da matéria, conceitos de átomos, compostos e substâncias, corpos, misturas, etc.).

Contudo, acredito que o maior potencial deste trecho escrito por Barbosa de Sá reside na apresentação de aspectos da Natureza da Química e das Ciências em geral. Abre-se caminho para a discussão sobre o papel dos diferentes modelos e teorias nas explicações científicas, apresentados aqui de forma organizada e didática pelo autor, principalmente quando estabelece uma lista e também contraposições entre as ideias então vigentes. Nesse sentido, questionamentos poderiam ser feitos junto aos

⁶⁵ Destaca-se que o conflito “Ciência x Religião” surge apenas ao final do século XIX, como um produto de contextos políticos e sociais específicos (SOUZA; FIGUEIRÔA, 2008).

estudantes, como:

- Quais são as principais explicações elencadas pelo autor para a formação da matéria em nosso planeta?
- Qual a importância e o papel da criação de modelos e teorias para explicações científicas? Qual sua relação com aquilo que observamos no mundo físico?
- Quais fatores podem influenciar a construção destes modelos e teorias? Há relação, por exemplo, com o contexto (local e temporal) onde eles são pensados?

A seguir, Barbosa de Sá continua sua exposição sobre a formação das fontes minerais descrevendo também sua exploração pelo homem e as principais espécies conhecidas até aquele momento, como visto no trecho 2:

Trecho 2

Não são os minerais para quem ansioso os procura, sim para o que venturoso os acha; é isto o bálsamo dos mineiros; quantos os buscam desentranhando a terra, volvendo os montes, mudando o curso das águas, fulminando incêndios e superando os ares feitos anatômicos dos elementos, com as vidas sempre arriscadas, envoltos entre areias, cuidados e continuado o trabalho sem mais consolação, que os favores de uma mesquinha esperança, que tarde, mal, e nunca satisfaz seus falsos prometimentos. (...)

Preparada por Deus, a matéria dividiu as produções cada uma em sua espécie, e as dos minerais cada uma de por si, conforme suas qualidades; estas existem assim como foram criadas sem aumento nem deterioração, identificadas com a mesma terra que de todas é princípio; estas espécies, enquanto neste princípio, não tem forma nem matéria de minerais mas sim de terra, de donde se formalizam com a substância da matriz e dos astros, que calefam, purificam, consolidam, conservam e, a seu tempo, corrompem, produzindo outros de novo na mesma sementeira a maneira das plantas, que ao mesmo tempo se vem umas nascendo, outras crescendo, outras frutificando, outras declinando e outras extintas. Comprovasse isto por se não acharem minerais em toda a terra, senão cada um em seu lugar, como em sementeira própria, onde a

semeou a poderosa mão no princípio de suas obras. (...)

Foram os minerais criados para benefício e conservação do mundo político, ornamento e beleza no partido da racionalidade; sem eles não haveriam artes, nem vida urbana; proveitosos para a saúde dos nossos corpos; é uma das partes de que se compõem a medicina e se não digam os farmacêuticos se fazem composição alguma sem espécie de mineral. São reputados, em direito, por frutos naturais da terra. (SÁ, 1769 apud GUIMARÃES, 2013, p. 286-289).

Inicialmente, chama a atenção, nesse texto, a clara relação entre a reflexão sobre modelos e teorias realizada por Barbosa de Sá e o entendimento da própria natureza, principalmente a respeito do nível submicroscópico dos conhecimentos químicos (“elementos”, “espécies”, “princípios”, “substância”, etc.). Há aqui, portanto, um raciocínio interessante para ser levado às aulas de Química, em que a conexão entre seus diferentes níveis de conhecimento pode ser mais bem estabelecida e debatida, essencialmente pela tentativa de explicação das propriedades e existência dos materiais minerais através de modelos e teorias abstratos.

Destaca-se ainda a importância da observação e da exploração manual do mundo físico para o trabalho com os minerais, aspectos notáveis do nível macroscópico do conhecimento químico. Barbosa de Sá chama a atenção para o papel da apreciação da natureza no entendimento da formação dos minerais, bem como salienta as atividades de campo, relacionadas à busca, identificação e exploração desses materiais. Aqui, surgem contribuições para a compreensão da natureza empírica, macroscópica e manual da prática química, Ciência historicamente relacionada às atividades experimentais e de observação natural. Nesse sentido, poderiam ser debatidas questões sobre a relação entre este caráter empírico e os modelos e teorias nos quais a Química se baseia, e sobre a exploração, aplicação e importância dos recursos naturais para nosso país.

Por fim, Barbosa de Sá, ao discorrer sobre a relevância dos minerais para a sociedade da época, destaca seu impacto nos arranjos políticos e de poder (“Foram os minerais criados para benefício e conservação do mundo político”), fato este que teve grande importância para a própria formação do Brasil como país e para suas complexas

relações coloniais com Portugal naquele período. Aqui, é possível observar a intrínseca conexão entre a exploração do mundo natural e o domínio colonial, ao longo de nossa História, bem como associar este fato a atuais movimentos políticos, no âmbito internacional, de intervenção em territórios ao redor do planeta, como no caso da extração de petróleo em regiões de guerra.

A seguir, apresento o trabalho de José Vieira Couto (1752-1827) intitulado “Memória sobre as minas da capitania de Minas Gerais” (datado de 1801 e publicado postumamente em 1905 pela Revista do Arquivo Público Mineiro). Neste trecho do texto (identificado com o número 3), Vieira Couto discorre sobre a História da descoberta da América pelos europeus e seu impacto no conhecimento científico vigente, especialmente com relação aos novos materiais encontrados.

Trecho 3

A descoberta da América deveria, com razão, encher de pasmos naquela era os habitantes deste globo, porque novas revoluções se fizeram em todas as coisas do universo. Viram-se império de cidadãos de desconhecida raça; estes impérios desapareceram, e outros se levantaram sobre suas ruínas. Muitas nações principiaram a figurar no mundo de nova maneira: de pobres e pequenas se fizeram opulentas e grandes; enxames de povos passaram os mares e fundaram brilhantes colônias; o comércio enriqueceu-se de novos gêneros e tomou um novo brilho; respeitadas marinhas surgiram no mar; uma inundação de preciosos metais cobriu a face da terra; novos prazeres de misturas com novos males vieram também apresentar-se sobre a cena; tudo, enfim, sofreu uma revolução ou mudança no seu curso ordinário. As ciências não ficaram também de fora desta revolução. A Física recebeu outras luzes, e de salto nos apareceu de um lugar muito mais eminente; a Mineralogia, como um seu ramo, foi também iluminada e experimentou também novas alterações.

Viu-se neste novo hemisfério, no todo da sua figura externa, mostrar marcadas diferenças, ainda não observadas no antigo: as cadeias das montanhas não seguem já de Poente para o Nascente, mas sim do Sul ao Norte; serras muito mais elevadas escondem seus cumes entre as nuvens; rios e lagos muito maiores regam a sua superfície. Penetrando da sua superfície ao centro, encontramos-nos com mais um novo

metal perfeito; o ouro e a prata parecem que querem sobrepujar as párias medidas, com que a natureza até então repartia estes metais aos homens; os diamantes e mais pedras preciosas também vêm engrossar o monte destas riquezas e cavalgar as mesmas balizas. Não são só estas coisas no reino mineral que revolvem e recebem novas mudanças ou novas observações: o cobre do Brasil também oferece hoje um fenômeno semelhante. (COUTO, 1905 [1801], p. 66-67).

Vieira Couto busca destacar o impacto da descoberta da América não apenas na sociedade (europeia) da época, mas também nas Ciências e, principalmente, no conhecimento sobre o mundo natural, exatamente às vésperas do período do Iluminismo Científico (“A Física recebeu outras luzes, e de salto nos apareceu de um lugar muito mais eminente; a Mineralogia, como um seu ramo, foi também iluminada e experimentou também novas alterações”). O autor chama a atenção ainda para a descoberta de novos materiais e a abundância única de ouro, prata e diamantes, bem como a exploração e expansão dos mesmos para o resto do mundo (“respeitosas marinhas surgiram no mar; uma inundação de preciosos metais cobriu a face da terra”).

Saliento esse trecho, no âmbito do Ensino de Química, como um complemento aos anteriores, de Barbosa de Sá, visando trazer às aulas uma maior compreensão da natureza social, econômica e histórica da exploração de materiais naturais (fortemente relacionada às áreas de Física, Química, Mineralogia, Geociências, Biologia, etc.). Do ponto de vista da Economia, pode-se refletir, junto aos estudantes, sobre as relações entre observação, estudo e manipulação macroscópica dos materiais (o que chamamos, atualmente, de Química Aplicada, no campo da Tecnociência) e sua aplicação e utilidade para o homem (essencialmente vinculada a um contexto comercial).

Ademais, nota-se a associação da descoberta dos materiais minerais e de sua iminente exploração em nosso território com o processo colonizador, cujos impactos sociais estão marcados em nossa História como país. Assim, acentuam-se de forma mais profunda as já destacadas relações entre as atividades científicas e tecnológicas com aspectos sociais, econômicos e políticos. Objetiva-se, dessa forma, a reflexão sobre as ideias de neutralidade da Ciência, bem como de quem a financia e com quais

finalidades isto foi e ainda é feito ao redor do mundo. Destaca-se, finalmente, certo exagero ou deslumbramento de Vieira Couto com relação aos materiais minerais encontrados na América (“uma inundação de preciosos metais cobriu a face da terra”), dentro, talvez, de um processo de exacerbação de nosso território e de nossas riquezas visando à defesa da importância da colônia para Portugal.

O trecho 4, a seguir, extraído desse mesmo trabalho de Vieira Couto, continua sua elucidação sobre a ocorrência dos diversos tipos de minerais na natureza, agora em um contexto mais específico, descrevendo o erro, já apresentado no capítulo IV desta investigação, que Couto acreditava ter cometido durante a identificação de jazidas de cobre e de ferro em seus trabalhos de campo como naturalista da Coroa Portuguesa.

Trecho 4

Este metal [o cobre], que a natureza criou sempre dez vezes menos que o ferro, é no Brasil, sem comparação, muito mais do que ele; sobeja abundância, que foi ela mesma a causa dos meus erros, dando por ferro na minha primeira memória de 1799, todas as minas que não eram outra coisa senão minas de cobres.

Primeiramente, quando entrei a coligir em meu gabinete todas estas diferentes minas, e as manejei pela primeira vez, à primeira vista, de certo me pareceram todas elas cobres. Saí a viajar a fim de fazer uma maior coleção delas; fenômeno admirável!

Vi rochas inteiras, montes inteiros, serranias inteiras, que não se formavam senão unicamente destas minas. Caminhava por espaço de léguas e o chão não era outra coisa senão um lastro contínuo de cobres. Esta mesma sobejidão pasmosa foi causa de começar a abalar-me do meu primeiro propósito. Então principiei a ter lembrança que o cobre, ocorre sempre, a natureza o tinha produzido muito menos que o ferro; que este último metal era o único que se observava em grandes massas, em cúmulo e em superfície da terra; que aqueles, ao contrário, só se topava em veeiros⁶⁶, e sempre a uma média profundidade nas entranhas dos montes. (...)

E ferro parecia com efeito à primeira vista. De ferro enfim se presentaram estes montes, estas serras; e dando-lhes ao depois costas, me recolhi absorto com o que

⁶⁶ Filão metálico, conhecido também como “veio”.

tinha observado de tantas riquezas; riquezas, que nesse tempo maravilham-me, supondo-as ainda ferro, e que por esta razão estavam então bem longe de compreender toda a sua grandeza.

Pretendi, ao depois, por meio de ensaios docimásticos⁶⁷, examinar os diferentes graus de riquezas destas minas, mas nunca as qualidades delas, e porquanto nem levemente duvidava que poderiam ser minas de ferro. Estes mesmos ensaios, que então deviam desviar-me do erro, fizeram um efeito todo pelo avesso, que foi de confirmar-me mais de afinco dele. As muitas minas, que então propus ensaiar, e o pouco tempo que me restava para isso, sendo já chegado a ocasião de as remeter, e por cima de tudo isso a opinião em que estava de que todas elas eram minas de ferro, todas estas coisas concorreram para fazer com que não me demorasse nas suas calcinações; e, desta maneira, mal preparadas, e calcinadas, e à pressa passasse a fundi-las.

Então, em lugar de um culote de cobre, que me deveriam elas dar, davam-me constantemente um mate, o qual muito se assemelha ao ferro, e é atraído com ele pelo imã. Contentei-me com estes mates; prossegui avante nos meus exames; e, desta maneira, foi que os mesmo ensaios, com a minha já errada prevenção, concorreram ambas estas coisas para mais me fazerem persistir no meu engano.

Pouco tempo se passou depois de ter feito estes ensaios, e a minha primeira remessa de metais, quando mais devagar repassando a vista sobre estas mesmas minas, entrei a duvidar de algumas; e repetindo ensaios mais escrupulosos, as reconheci por minas de cobre. (COUTO, 1905 [1801], p. 67-69).

O último trecho dessa seção sobre a formação e observação dos minerais na natureza traz a narrativa de Vieira Couto sobre seus exames e coletas de amostras minerais em viagem por Minas Gerais. Destacam-se aqui suas considerações sobre a distribuição (sob a superfície ou em veios a média profundidade) e a abundância das diferentes fontes de metais (especialmente ferro e cobre) pela superfície da Terra, bem como suas descrições sobre atividades experimentais (relacionadas a ensaios químico-

⁶⁷ Docimástica é o conjunto de estudos e ensaios químico-analíticos que permitem a quantificação do teor de metal em uma amostra mineral.

analíticos) realizadas com objetivo de identificação das amostras recolhidas. É interessante notar que, em um momento de intensa reformulação e consolidação da chamada Química Moderna, como discutido anteriormente, essas experimentações e ensaios conduzidos por Vieira Couto se adequam de forma coerente aos modernos processos de análise, identificação e classificação dos materiais e substâncias tão em voga àquele período.

Ainda da perspectiva do Ensino de Química e, especialmente, da compreensão de aspectos de sua natureza, trata-se de um trecho muito rico, pois, além de apresentar a já discutida característica de observação macroscópica do mundo natural, inerente às atividades químicas, traz também importantes considerações sobre o papel da experimentação e dos ensaios para essa área. Neste sentido, podem surgir, novamente, as reflexões sobre a relação entre testes/experimentos (nível macroscópico do conhecimento químico) e teorias/modelos explicativos em voga (nível submicroscópico deste conhecimento).

Nesse texto, o autor busca ainda corrigir o que assume ser um erro presente sua memória publicada anteriormente, em 1799. Como já discutido anteriormente, nesta memória anterior, assumia que as amostras coletadas em uma determinada região eram compostas por ferro, sem, contudo, fazer testes analíticos mais específicos para caracterizá-las (baseou-se apenas em sua observação visual). Agora, após realização de novos testes e análises, concluía que se tratava de minerais de cobre. Todavia, atualmente sabe-se que estas amostras eram sim de ferro, como pensado de início, e os erros ocorreram nestes ensaios subsequentes que descreve nesta memória (SILVA, 1999).

Nesse contexto, há então a possibilidade de se discutir a natureza de tentativa e erro da Química, ou seja, seu caráter fortemente relacionado à elaboração, execução e análise de experimentos, visando compreender, especialmente, que esses não são sempre confiáveis e que podem sim ser contestados, redesenhados e, inclusive, apresentar erros (de execução, planejamento, interpretação de dados obtidos, etc.), sendo ainda passíveis de múltiplas interpretações, sob a influência dos modelos e teorias escolhidos. Assim, destaca-se o fato de que os cientistas, buscando conciliar a teoria adotada e as evidências empíricas, são impelidos a revisar ou abandonar suas

ideias iniciais e visões de mundo (DEVELAKI, 2012), exatamente como feito por Vieira Couto.

1.2. Extração e obtenção dos minerais

Diversos são os trabalhos presentes na literatura econômica, política e científica do período colonial brasileiro sobre a extração e a obtenção dos minerais em nosso território, uma vez que, como já abordado neste trabalho, tratam-se de atividades de exploração mineral que representam parte importante de nossa História e realidade econômica como país. Dessa forma, são apresentados aqui alguns trechos destes materiais históricos, considerados de interesse para o ensino de Química, inclusive do ponto de vista de seus conteúdos escolares, como as separações de misturas e as propriedades da matéria.

Inicialmente apresento o trecho 5, de outro trabalho de José Vieira Couto, intitulado “Memoria sobre a capitania de Minas Geraes” (de 1799, mas publicada oficialmente apenas em 1848), no qual o autor discute a importância da compreensão das diversas técnicas de extração dos metais da natureza.

Trecho 5

Se é verdade que a terra vitrescível⁶⁸ é a primitiva, e que pelo rodear dos séculos todas as mais vão sempre tendendo e forcejando a passarem-se para a natureza da primitiva terra d'onde descendem, como é velha esta montanha [Serro do Frio, MG]. Como pelo contrário estas observações confundem aqueles que pretendem que a América estivesse por muito tempo submergida nas águas, e que delas ressurgira posterior às outras partes do antigo continente! Oh natureza, oh santa deusa, como zombas dos delírios dos sábios! Eu seguirei somente teus vestígios, te observarei somente nos teus efeitos, e não procurarei entrar nos teus recônditos mistérios! E passando avante, principio pela observação dos corpos metálicos, que formam o objeto da presente memória, expondo o que vi e observei, e é o seguinte.

[O estudo da] *Metalurgia Pirotécnica deve ensinar como se extraem pelo fogo os*

⁶⁸ Atualmente chamada de sílica.

metais das suas pedras; e tratará em primeiro o lugar da preparação que devem ter as minas para se disporem para a fusão, e ensinará, por conseguinte, como se trituram e se lavam; da calcinação e de seus fornos, que minas devem ser calcinadas e as que não, aquela a quem somente basta uma calcinação, e aquela que precisa de oito a dez, como algumas minas de cobre. Tratará depois dos fornos de fusão, os descreverá, dará sua planta, e mostrará como se funde cada gênero de metal e cada espécie de mina. Os metais, depois de fundidos, são, na maior parte, misturados uns com os outros e impuros, e por isso convém separá-los e purificá-los. Esta separação é toda fundada sob as leis das afinidades que tem os metais uns com os outros, e sobre o diferente grau de fusibilidade de cada um dos mesmos metais. (COUTO, 1848 [1799], p. 310-311).

Neste trecho, Vieira Couto traz interessantes indícios acerca de uma das visões existentes àquela época sobre a formação dos continentes (“a América estivesse por muito tempo submergida nas águas, e que delas ressurgira posterior às outras partes do antigo continente”). Trata-se de uma teoria elaborada por Georges-Louis Leclerc, conhecido como Conde de Buffon, na qual a América era um continente mais novo que a Europa, por apresentar sinais de emersão posterior das águas (ideias de inspirações netunistas) (SILVA, 1999). Esta teoria⁶⁹ levou à explicação das significativas diferenças entre as espécies animais, vegetais e minerais encontrada no Novo Mundo e foi contestada aqui por Vieira Couto a partir das observações que faz durante suas viagens pelo território brasileiro (SILVA, 1999).

Do ponto de vista do Ensino de Química, trata-se de um trecho importante pelo estilo de linguagem que abarca (assim como os trechos 1 e 2, de Barbosa de Sá), mais humana e retórica que a linguagem científica atual e que, de forma muito clara, demonstra a existência, por trás das atividades científicas, de seres humanos reais, humanizando e dando voz e identidade própria, de certa forma, aos filósofos naturais, desmitificando, inclusive, a própria atividade científica.

Já na segunda parte desse texto, Vieira Couto descreve outra característica

⁶⁹ Estava ainda intimamente ligada à tradição química de Becher-Stahl, relacionada à ideia de solidificação de materiais fluidos (VARELA, 2009).

inerente ao trabalho químico empírico: o desenvolvimento de técnicas e procedimentos experimentais específicos para cada tipo de material analisado (“mostrará como se funde cada gênero de metal e cada espécie de mina”). Partindo da herança do trabalho procedimental alquímico e das tentativas contemporâneas de padronização de técnicas químicas (dentro da busca por identidade desta Ciência), o autor destaca o valor que diferentes procedimentos, técnicas e equipamentos têm para as atividades químicas e como a escolha das metodologias é crucial. Nesse contexto, Vieira Couto busca ainda relacionar este trabalho experimental e macroscópico de exploração das minas e identificação de seus minerais com algumas ideias sobre a composição e as propriedades da matéria (“lei das afinidades” e “grau de fusibilidade”). Constrói, portanto, uma ponte entre as famosas técnicas de separação de misturas (de caráter fortemente experimental), tão comuns em nossas aulas de Química no nível Fundamental e Médio, e as propriedades dos materiais componentes dessas misturas, em uma clara transição do nível macroscópico do conhecimento químico ao seu nível submicroscópico, usado para explicar os fenômenos observados.

O ouro, o principal material metálico explorado nesse período no Brasil, foi objeto de estudos de muitos pesquisadores da época, que analisavam não apenas suas propriedades e aplicações, mas especialmente as diversas formas de extração aqui empregadas. Duas destas discussões (trechos 6 e 7, respectivamente) são ilustradas a seguir, a partir dos seguintes trabalhos: “Prospecto Filosófico e Político da Serra de São Vicente”, de Alexandre Rodrigues Ferreira (1756-1815), de 1790, e “Observações físico-econômicas acerca da extração do ouro das minas do Brasil”, de Manuel Ferreira da Câmara (1764-1835), de 1789.

Trecho 6

A figura do ouro, como se ele tira de suas matrizes, não é sempre uniforme. Ora se apresenta na de um pó tenuíssimo (os mineiros chamam poagem) a qual nada, e se estende pela tona da água, à maneira de folha de ouro batido, e merece o nome que tem de ouro voador. Tal é o que se extrai das pedreiras, em forma de um polme⁷⁰ tão leve, que custa muito a assentar. Ora aparece facetado à maneira de pequenos cristais

⁷⁰ Massa um pouco inconsistente.

de ouro, verdadeiramente tais, como me dizem que é todo o das lavras da Conceição, na Vila do Cuiabá. Das mesmas pedreiras que lhe servem de matrizes algumas amostras se tiram de ouro dendrítico, isto é, mineralmente ramificado, à maneira de uma ramificação vegetal.

Outras vezes toma ele a forma de ouro granulado em maiores ou menores partículas angulares de diferentes cores, em diferentes sítios; esbranquiçada, pálida, esverdinhada, vermelha, cinzenta, negra etc. Além destas também toma outras formas de palhetas, filamentos, lâminas, e ultimamente o vemos em maiores, e menores sólidos (os mineiros chamam folhetas) e algumas se apresentam com o aspecto de fundidas, e separadas de substâncias heterogêneas; outras, ou íntima ou externamente incorporadas com o quartzo, a mina de ferro e os cristais. Das referida folhetas algumas se têm descoberto de meio, um, dois até quase dezenove marcos de peso, que é a maior que há poucos anos a esta parte se tem tirada destas minas. Do rio Maranhão (entre as capitânicas de Cuiabá e Goiás) é tradição constante, que ao tempo de seu descoberto, se tirara uma folheta de quarenta e sete libras de peso (...).

A operação de lavagem que praticam estes e todos os outros mineiros do Brasil, quanto ao ouro solto e corrido, se ele não é foliáceo, voador ou consta de uma poagem sutilíssima, supre suficientemente sem maior desperdício nem considerável despesa ou trabalho. Quanto, porém ao ouro de pedreira, onde comumente concorrem as circunstâncias acima é sem dúvida que o não aproveita todo. Por mais moída que seja a pedra ou à força de braços (o que requer muito escravo, muito tempo e muita despesa) ou de engenhos de mós e de pilões movidos pela ação dos ventos ou das águas ou de animais (o que por aqui se não pratica) nunca se pulverizam tanto as suas partículas, que com a parte mais grossa delas, não fique intimamente misturada considerável porção daquele metal. Disto que digo, tão convencidos estão os mineiros das outras capitânicas, que a toda a pedra moída e lavada de ouro a primeira vez, eles a remoem e lavam três, até quatro vezes e de todas elas confessam que tiram ouro.

Porém com que extraordinário número de braços, se fazem e repetem estas operações? Com que enormíssima despesa, principalmente de ferro e de aço? E com a demora de tempo? Geralmente falando para se apurar o ouro fino, ou ele seja solto ou de pedreira, aproveita muito amalgamação de mercúrio; e é certo que por este método

bem pouco ouro se perde, como estão experimentando os mineiros europeus. A fusão finalmente parece que deveria prevalecer, ao menos naqueles sítios, onde não há falta de lenha para o carvão. Porém perto dos arraiais é de recear, que cedo não haja lenha, e o que mais é, nem a madeira precisa para as fábricas e para os prédios rústicos e urbanos, se também aqui não tiver lugar a polícia das matas, e do corte das madeiras, cada um corta a que quer, sem providência para o restabelecimento das matas úteis particularmente daquelas que mais perto ficam dos povoados. As que se acham remotas pouco importa que as haja ou não; porque não valem a despesa do corte e da condução. (FERREIRA, 1790 apud SOARES; FERRÃO, p. 54-56).

Inicialmente, o autor apresenta suas principais observações sobre o ouro encontrado na região de Mato Grosso, empregando, para tanto, descrições visuais das principais características externas destas amostras de ouro (“poagem”, “polme”, “cristais”, “granulado”, “dendrítico”). Utiliza, portanto, o conhecido sistema de classificação dos minerais de Carl von Linné, ou apenas Lineu (1707-1778), botânico sueco que estendeu seu esquema de classificação dos reinos vegetais e animais, baseado em aspectos externos, ao reino mineral (análise de cor, gosto, forma, cheiro, usos e ocorrência). Ainda que se tratasse de um sistema classificatório já criticado àquela época, sendo substituído pelo sistema de Wallerius (observação de propriedades internas/químicas dos minerais), permanecia como opção inicial da maioria dos naturalistas para tal classificação em trabalho de campo (SILVA, 1999; VARELA, 2009).

É precisamente essa busca pela classificação dos materiais que analisava, segundo um sistema lógico, que torna este texto de Ferreira uma possibilidade de abordagem da natureza classificatória da Química em salas de aula. A necessidade de organizar o conhecimento químico em categorias, buscando características comuns e também especificidades para estes materiais é crucial para a aquisição de sua identidade científica entre os séculos XVIII e XIX, como já discutido anteriormente, e está presente em suas atividades até os tempos atuais.

Nesse texto, podemos notar, então, menções a diversas e importantes

propriedades dos materiais (do ouro, mais especificamente), como coloração, hábito⁷¹, cristalinidade, etc., empregadas pelo autor para comparação e identificação do ouro na natureza. Este raciocínio, amplamente usado por ele nestas passagens, é de extrema importância para o trabalho de observação da natureza, sendo, inclusive, uma das bases da Mineralogia e dos trabalhos de campo.

Outra discussão presente nesse texto diz respeito às atividades de extração e separação dessas amostras de ouro da natureza, trazendo aspectos da já discutida observação e exploração de recursos minerais, bem como de algumas tradicionais técnicas químicas. O autor critica certas formas empregadas àquela época pelos mineiros brasileiros e sugere alternativas, como a amalgamação e a fusão mineral. São trabalhados aqui conceitos caros às aulas de Química, como técnicas de separação de misturas (fusão fracionada, dissolução fracionada, levigação, moagem, etc.) e que poderiam ser explorados em sala de aula de forma mais aplicada à realidade do que os exemplos atualmente apresentados por materiais didáticos tradicionais, como a sugestão de separação de sal misturado com areia.

Trecho 7

Os nossos mineiros até o presente não têm extraído senão o ouro nativo, que faz parte das matrizes quartzosas que o contêm; procuram primeiramente moer estas pedras, a fim de obter pela lavagem o ouro nelas contido. O modo, porém, porque o fazem sempre diz relação à qualidade da mina, às circunstâncias e às forças do mineiro.

Capítulo 3º: Meio de evitar a grande perda da lavagem das Minas.

Dois métodos, de cuja escolha só a riqueza e a natureza da matriz devem decidir, fazem o objeto principal deste cap.: O primeiro é o da amalgamação, antigamente usada entre nós – mas com muito pouca arte. O 2º é o da fusão, e terá

⁷¹ Hábito, na análise mineralógica, é a aparência típica de um cristal em termos de tamanho e forma. Dentre os hábitos mais comuns encontrados nas amostras minerais, destacam-se: laminar, granular, octaédrico, prismático, maciço, etc. (KLEIN; DUTROW, 2012).

lugar quando a minha estiver mineralizada, e não for de ouro chamado nativo. Todos os mineiros até o presente têm se servido do mercúrio, para separar o ouro dos corpos e substâncias, que em razão da sua gravidade, se precipitam com ele durante a lavagem. Meu projeto, porém, é nunca lavar a mina – porque uma vez que isso se faça, a perda, dada a divisibilidade do ouro, é a bem dizer, necessária.

Todos sabem que o mercúrio tem a propriedade de se unir aos metais – ainda aos mais perfeitos, e fazer com eles um todo que só a evaporação ou fogo pode com facilidade desligar. 2º Que uma vez que haja certa divisibilidade, e contato das partes, que a afinidade ou alteração acontece por leis constantes e inalteráveis. 3º Que o ouro uma vez combinado com o mercúrio, ficando ao mesmo tempo despojado da sua ganga⁷², fica separado de todos os corpos estrangeiros, que o costumam acompanhar, e que em razão da gravidade ou peso se precipitam na lavagem – 4º e último, que o mercúrio combinado com o ouro pode ser facilmente separado por via da destilação, sem perda do mercúrio e do ouro.

Outro método de separar o ouro é o da fusão, e terá lugar quando as minas não forem de ouro nativo, mas mineralizado, que não falta em nossas minas, mas de que ainda não se aproveitou um só real – porque nossos mineiros não reconhecem por ouro, senão aquele que se apresenta aos seus olhos debaixo do aspecto brilhante e aspecto metálico. (CÂMARA, 1789 apud MENDONÇA, 1958, p. 511-513).

Em consonância com as discussões de Alexandre Rodrigues Ferreira sobre as técnicas empregadas para se extrair o ouro nas minas brasileiras, Manuel Ferreira da Câmara discute especificamente duas delas, já aqui citadas: a amalgamação com mercúrio (uma aplicação da dissolução fracionada de grande interesse ambiental, por se tratar de um metal pesado) e a fusão fracionada, ambas muito comuns dentre as conhecidas técnicas de separação de misturas. O autor dedica especial atenção a execução da primeira técnica, descrevendo suas etapas principais (peneiração, levigação) e também algumas importantes propriedades do ouro, como divisibilidade, afinidade, gravidade e peso (hoje entendido como densidade ou massa específica).

Observa-se, por meio dessa descrição, sua constante tentativa de associar as

⁷² Impurezas presentes no minério.

atividades manuais e experimentais de manipulação destas amostras (“evaporação”, “destilação”, “precipitam na lavagem”, etc.) com as principais teorias e modelos acerca da composição da matéria vigentes àquele momento (“afinidade”⁷³, “combinação”⁷⁴, “divisibilidade”⁷⁵, etc.). Destaca-se, portanto, em especial para o ensino de Química, a importância dada à associação das observações e resultados empíricos, ou seja, dados macroscópicos, às explicações e modelos submicroscópicos, demonstrando, uma vez mais, o caráter híbrido e de transição entre diferentes escalas de análise do conhecimento químico.

Ao argumentar pelo uso da segunda técnica, a fusão fracionada das amostras minerais, Câmara enfatiza ainda o caráter adaptável e procedimental da Química, que deve ajustar suas técnicas e metodologias empíricas ao tipo de material com o qual lida (“Outro método de separar o ouro é o da fusão, e terá lugar quando as minas não forem de ouro nativo, mas mineralizado”⁷⁶). Neste sentido, é importante refletir, junto aos estudantes, sobre o caráter transitório (mutável) das Ciências em geral, que buscam acompanhar as novas observações e descobertas, elaborando novos modelos explicativos, técnicas e equipamentos para os mais diferentes contextos e necessidades.

Outros minerais também tiveram sua extração e obtenção natural como objeto de estudo, como o ferro, alvo de intensa exploração e consumo no Brasil colonial, como ilustrado nos trechos apresentados a seguir, escritos por Barbosa de Sá e Vieira Couto, respectivamente.

⁷³ O conceito de afinidade está relacionado, historicamente, com os trabalhos mecanicistas de Isaac Newton, e busca explicar o comportamento da matéria (e de seus elementos) através dos fenômenos de atração e repulsão.

⁷⁴ Entendida aqui como união ou, atualmente, ligação química.

⁷⁵ Aqui, trata-se de uma menção à granulometria do ouro, ou seja, do quão fino ele poderia estar em sua forma de pó.

⁷⁶ Há aqui a introdução, pelo autor, dos termos “mineralizado” (encontrado na forma de composto inorgânico na natureza) e “metal nativo” (obtido da natureza diretamente na forma metálica), o que leva a essa necessidade de uso de diferentes técnicas de extração do metal.

Trecho 8

É matriz deste metal uma pedra da cor de um ferro ferrugento com altos e baixos vãos por dentro, à maneira de um pedaço de pão fermentado, com bastante dureza, arrebetada por dentro de ferrugem, os seixinhos de outras qualidades de pedras; a forma em que se apura é quebrá-la a marra até por em partes miúdas; estas lançam-se em cadinhos de barro, e metem-se em uma fornalha coberta de abóbada, que apenas lhe deixam um respiradouro; ali lhe dão um jogo violento com agitação de fole, onde derretido, o metal busca o fundo do cadinho, ficando em cima a escória; depois de frio, a força de martelo o vai apurando, lançando-se lhe as escórias que lhe ficaram, e estendendo-o; quanto mais batido, melhor fica. Aprofundam suas minas para o centro da terra até 500 braças, sendo o que está fora dela à vista o melhor e de mais rendimento. (SÁ, 1769 apud GUIMARÃES, 2013, p. 290).

Trecho 9

O ferro, este metal tão necessário a todas as artes, a todos os ofícios, que rasgando a terra obriga a esta a ornar-se de uma verdura mais amena e alegre, e a desentranhar-se em dons e riquezas; que, levando as nossas fronteiras, mostra aos nossos inimigos um muro inconquistável, a morte e o espanto; este metal, mais precioso ao homem do que o ouro e a prata, é o que a Providência derramou sobre nós com uma prodigalidade espantosa. (...) Por cuja causa tais fábricas de ferro, e tais fundições, tudo deve ser em um ponto bem grande. Os fornos são de vinte pés em quadro e vinte e cinco de alto; os foles de madeira, e de quinze pés de comprido; não há braços que os possam mover, e uma torrente de água os agita por meio de uma roda: o forno, semelhante a um pequeno Etna, vomita de tempos em tempos uma lava de ferro de quinze pés de comprido, e sobre dois mil arretéis de peso. Esta é conduzida por máquina a uma forja, e ao depois a uma grande bigorna, onde um martelo de mil e duzentos arretéis de massas, e também movido por outra máquina de água, a malha, e acaba de a formar em barras. (COUTO, 1848 [1799], p. 314).

Em seu trabalho, Barbosa de Sá descreve, essencialmente, o mineral mais comum empregado como fonte de ferro no Brasil (“pedra da cor de um ferro ferrugento

com altos e baixos vãos por dentro”), a magnetita. Neste âmbito, o autor busca apresentar características visuais que identificam este mineral, como sua dureza, cor e a presença de estrias, informações caras aos trabalhos mineralógicos. Além disso, complementando o trabalho de Vieira Couto, discorre também sobre a técnica de fundição do minério de ferro, trazendo novamente relevantes aspectos da dimensão produtiva e de manipulação física e química dos materiais por parte desta Ciência. Assim, ambos os textos permitem o trabalho com o estudo do processo de extração do ferro a partir de seus minerais de origem (por exemplo, a magnetita), envolvendo noções de rendimento e técnicas de aquecimento, fusão mineral, reações de oxirredução, etc., ainda amplamente empregadas na atualidade deste processo.

Especificamente no trabalho de Vieira Couto, observamos uma breve descrição do funcionamento dos fornos de fundição do minério de ferro (atualmente, conhecidos na área de siderurgia como alto-fornos), de grande tamanho (“vinte pés em quadro e vinte e cinco de alto”) e de intenso funcionamento (“semelhante a um pequeno Etna”). Aqui, após salientar a importância desse metal para a sociedade (“mais precioso ao homem do que o ouro e a prata”), em especial a brasileira (“a Providência derramou sobre nós com uma prodigalidade espantosa”), destaca os principais equipamentos e etapas necessários à purificação do minério extraído das jazidas.

A partir dessa descrição, o autor nos chama a atenção para a crucial relação entre a Química e a Tecnologia, principalmente ao trazer aspectos inerentes aos processos produtivos industriais (em larga escala) e a manipulação física da matéria natural para sua transformação em outros materiais, levando a uma das dimensões da atividade química: “o quê podemos fazer com isso?” (TALANQUER, 2013). Nesse sentido, contribui para a associação do conhecimento químico envolvido na fundição do minério de ferro (especialmente as reações de oxirredução⁷⁷ e os conceitos de pureza e rendimento) e a escala industrial e produtiva desta Ciência⁷⁸. Para tanto, não apenas

⁷⁷ Dentre estas reações, destaca-se a seguinte sequência:

1ª etapa: $C + O_2 \rightarrow CO_2$ (reação de combustão do coque – carvão)

2ª etapa: $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ (redução do dióxido de carbono com carvão)

3ª etapa: $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ (reação de redução do ferro presente no óxido de ferro III – advindo do minério de ferro)

⁷⁸ A indústria química brasileira destaca-se, atualmente, na 6ª posição no ranking mundial de faturamento

salienta o caráter procedimental da Química, mas também apresenta o contexto da Revolução Industrial e de suas máquinas, rodas de água, fornos, etc. Cabe neste âmbito, o questionamento aos estudantes de quem detém o conhecimento para sua aplicação industrial, quais são os fatores que influenciam a escolha da exploração e manufatura de determinados materiais em detrimento de outros e quais são (e foram) os impactos destas atividades industriais para a sociedade, o meio ambiente e para a própria evolução das Ciências.

Apresento, por fim, outro trecho escrito por Vieira Couto a respeito da extração de minerais da natureza, agora com foco na obtenção dos diamantes, outro material de grande importância para a História do Brasil colonial, principalmente na região de Minas Gerais.

Trecho 10

Deve-se notar mais nesta mineração: o mau método nas lavagens e colheitas dos diamantes. Os nossos mineiros, no princípio, inventaram as lavagens dos diamantes propriamente como as do ouro, que eram as que unicamente conheciam, e onde eles começaram a apanhar os primeiros diamantes, e assim ficaram as coisas até hoje. De que diferente natureza é o ouro e o diamante! E como pode ser que um mesmo método de lavar-se se acomode a uma ou outra coisa? O ouro é lançado juntamente com a terra em um lavador, a quem chamam bolinete quando ele é maior e canoa quando é mais pequeno: uma porção de água corre continuamente sobre a terra, e um escravo a mexe com um instrumento que chamam almocrafe: nesta ação a terra se faz como fluida, e o ouro, que tem gravidade específica maior do que a mesma terra e areias com que se acham misturado, se precipita e se assenta no fundo do lavador, de onde ao depois o recolhem. Porém os diamantes maneados do mesmo modo, e que sua gravidade específica não é maior, ou muito pouco difere dos mais corpos com que se acham confundidos, que razão há para que eles se depositem no lavador em que se mexe a terra com água, e não fujam por ele abaixo? Aquele que observa estes mesmos lavradores, vê que na ação de se mover e manear o cascalho, nele correm, a cada passo, pedras que poderão ter mais de meia libra de peso; e como não correrão os

neste ramo, segundo dados do ano de 2012 (ABIQUIM, 2014).

diamantes de meio grão? (COUTO, 1848 [1799], p. 327-328).

Nesse último trecho, Vieira Couto discorre sobre a mineração dos diamantes realizada no território brasileiro, destacando o que acreditava serem os principais erros cometidos durante a execução desta atividade e que levavam a uma perda significativa de material. Chama a atenção, dessa forma, para a insistência no uso do método de lavagens (ou levigação), usado na separação dos minérios de ouro, também para separar as pedras de diamantes (“inventaram as lavagens dos diamantes propriamente como as do ouro”), algo que destacava ser útil apenas para o primeiro material devido à diferença de gravidade específica (densidade) entre eles e suas contaminações (areia, terra, etc.).

Do ponto de vista do ensino de Química, trata-se de mais uma referência à importância da observação para as atividades macroscópicas desta Ciência, uma vez que o autor argumenta pela constatação visual de que esta técnica não se adequa à separação de diamantes (“Aquele que observa estes mesmos lavradores, vê que na ação de se mover e manear o cascalho, nele correm, a cada passo, pedras que poderão ter mais de meia libra de peso; e como não correrão os diamantes de meio grão?”). Vieira Couto chama a atenção ainda para o papel crucial que a escolha de um método específico de separação tem para a obtenção destes minérios (“E como pode ser que um mesmo método de lavar-se se acomode a uma ou outra coisa?”), destacando a importância e a aplicabilidade das diferentes técnicas, metodologias e inferências nas atividades químicas. Nesse sentido, relaciona ainda as diferentes propriedades de um material com as possíveis escolhas disponíveis para sua manipulação física.

1.3. Minerais, suas propriedades e aplicações

As propriedades destes materiais encontrados no território brasileiro foram extensamente discutidas, principalmente por se tratar de uma região de grande riqueza e diversidade mineral, onde novas jazidas e minerais até então desconhecidos foram prospectados ao longo de todo este período de exploração.

Joseph Barbosa de Sá, em seus Diálogos de 1769, faz um amplo levantamento e reflete sobre as mais variadas propriedades de importantes materiais metálicos encontrados no Brasil, como ilustrado neste trecho que escreveu sobre o ferro.

Trecho 11

Dos minerais é primeiro o ferro como liga alma de toda a produção, espécie primeira da massa elemental, colorativo de todas as mais produções; enquanto metal o mais proveitoso para o mister de uma vida: foi o primeiro que os homens acharam, lavraram, e dele se utilizaram, como consta da escritura santa. Diz-se que trabalhou em cobre e ferro; e não consta que de antes houvesse uso de outro metal. É de todos os metais o mais rijo e impenetrável, tal que não consente ser de outro algum lavrado; e quanto mais trabalhado mais rijo se faz. Como é princípio de todos os mais, com todos se une; tem união com o enxofre, não podendo produzir um sem o outro; e por isso, quanto mais trabalhado ao fogo que lance de si a espécies sulfúreas, mais puro e sólido se faz. É o sal o seu maior inimigo e o que mais o consome. E água o que mais o conserva.

O aço que cuidam alguns ser diversa espécie, não é senão o mesmo ferro apurado até chegar aquele grau, consumidas pelo fogo e expulsas pela vivência do martelo todas as misturas que em si tem; é no peso igual ao cobre com quem faz uma tal união, que já mais se apartam salvo consumidos um e outro; e por esta igualdade que tem são os corpos mais sonoros tocados por vibração. Tem virtude magnética como se mostra. (SÁ, 1769 apud GUIMARÃES, 2013, p. 289-290).

Aqui, Barbosa de Sá, à semelhança de seus outros textos, discorre longamente sobre as principais propriedades do ferro e, para tal, lança mão de diferentes modelos explicativos sobre a composição e características da matéria, com especial atenção a conhecimentos submicroscópicos do então momento de transição entre a Alquimia e a Química moderna (“massa elemental”, “princípio”, “sal”, “união”, etc.). Inclui ainda menções ao uso de ferro presentes nas Bíblia, relacionando-o historicamente com sua aplicação em períodos mais antigos da existência humana, conhecidos hoje como Idade do Ferro (“foi o primeiro que os homens acharam, lavraram, e dele se utilizaram,

como consta da escritura santa. Diz-se que trabalhou em cobre e ferro; e não consta que de antes houvesse uso de outro metal”).

Mais adiante, ao incorporar em seu texto propriedades atribuídas ao ferro (“impenetrável”, “rijo”, “vibração”, “virtude magnética”, etc.), destaca a importância que a análise das propriedades dos materiais tem para a área da Química. Neste sentido, contribui para a elucidação de uma das mais cruciais dimensões da atividade química: previsão do comportamento de estruturas e substâncias (TALANQUER, 2013). Em consonância com a já citada busca por uma identidade e padronização do trabalho da Química ocorrida entre os séculos XVIII e XIX, as observações visuais e os ensaios experimentais ainda se constituem práticas inerentes a esta Ciência, permitindo a compreensão, identificação e classificação dos mais diversos materiais existentes, sejam naturais, sejam artificiais.

Há, inclusive, a clara possibilidade de trabalho, como também poderá ser visto nos próximos trechos deste autor, com as propriedades da matéria, trazendo discussões para a sala de aula de temas como impenetrabilidade, rigidez, magnetismo, formação de ligas metálicas (ligações químicas), etc. Ainda em seus Diálogos, Barbosa de Sá discorre igualmente sobre as propriedades do ouro e da prata, como visto nos exemplos a seguir (trechos 12 e 13):

Trecho 12

[O ouro] é de todos os metais naturalmente o mais pesado; propriedade em que se lhe não pode diminuir, nem aumentar; é de todos o de mais duração e basta que o fogo o não aniquile, e só se aniquila na mesma matriz onde se forma, com a continuação dos tempos, que o reduz a sua primeira matéria; e, com mais brevidade, o sal, que é o maior inimigo que tem. É de todos os metais o mais brando que se pode estender, até por de uma grossura indistinguível ao tato e à vista; há de mais e menos quilates, conforme o lugar de sua criação; ensina a medicina que é o mais proveitoso para o curativo dos nossos corpos e que se se pudesse dissolver e por capas de natural, seria a mais eficaz para extinguir os humores rebeldes, que não obedecem a outros remédios; outras muitas virtudes lhe dão mais fingidas que verdadeiras; sendo a que por mais certa se pode ter a de cativar os corações humanos em tal forma que

chegam a desconhecer a quem os criou e deu o ser.

É metal que sempre distinguiu a natureza dos mais na criação, porque todos os mais se criam identificados em uma matriz onde tem princípio; o que ele não admite que se cria só puro sem mistura alguma achasse envolto com terra, pedra, ferro, prata, azougue, enxofre, às vezes chumbo e antimônio, mas estas misturas achasse em suas minas cada uma de per si e não identificadas, que nas ligas que se fazem deste metal com outros, nunca com eles se une, ficando em partículas misturadas. A certeza que disto tenho é que com o cobre e prata identifica-se, ficando tudo uma espécie. (SÁ, 1769 apud GUIMARÃES, 2013, p. 292-293).

Trecho 13

[A prata] é dos corpos físicos o mais fixo abaixo do ouro; o fogo o não gasta se não por larga continuação, os inimigos que tem é o sal e antimônio, com facilidade e com a mesma se une ao ouro, ferro, e cobre; acha-se além da sua própria matriz, nas minas de ouro envolto com ele, nas de chumbo e nas de cobre; são suas minas pestilentas pelos muitos vapores sulfúreos que de si lança; tem seu lugar na arte médica principalmente para composição da pedra infernal⁷⁹; quer de prata e outros simples se compõe. É a matriz deste metal uma matéria duríssima que não difere de pedra, e de metal a maneira de betume a que os castelhanos chamam sacana, com que está misturada em grãozinhos e em fios a maneira de veias estendidas, e também em chapas como papel, e em troços como tijolos; estendem-se seus vieiros ao salais da terra, e para o centro até 500 braças de donde se tira em pedaços quebrados. (SÁ, 1769 apud GUIMARÃES, 2013, p. 306).

Ambos os textos, assim como o trecho 11 citado anteriormente, demonstram a preocupação de Barbosa de Sá com a apresentação das principais propriedades do ouro, da prata e de suas minas, elencando suas características externas e físicas (“grossura”, “matriz duríssima”, “pesado”, “grãos”, “chapas”, etc.). Neste sentido, o trabalho conjunto com os trechos 11, 12 e 13 pode se colocar como uma interessante

⁷⁹ Também conhecido como nitrato de prata, trata-se de um sal muito usado na medicina para tratamento por cauterização de tumorações superficiais, como verrugas.

forma de discutir as diferentes propriedades da matéria em sala de aula, tanto aquelas chamadas de gerais quanto as específicas (amplamente empregadas pela Química na identificação e diferenciação dos materiais), permitindo uma introdução mais contextualizada a este importante tópico da Química escolar.

Ainda do ponto de vista do ensino de Química, Sá traz novamente modelos e teorias então vigentes sobre o nível submicroscópico do conhecimento químico, contrapondo, por exemplo, os conceitos de mistura e de ligações químicas no caso do ouro (“que nas ligas que se fazem deste metal com outros, nunca com eles se une, ficando em partículas misturadas”). Discute ainda conceitos como “aniquilação pelo fogo”, “corpo fixo” e interações com outros elementos alquímicos clássicos, como o sal e o enxofre.

Outrossim, o autor faz questão de destacar as principais aplicações de ambos os metais na sociedade da época, construindo uma relação entre suas propriedades físicas e químicas e seu emprego nas mais diversas áreas, como medicina (“tem seu lugar na arte médica principalmente para composição da pedra infernal”) e ornamentação. Salienta, inclusive, seu papel relevante no contexto sócio-econômico do período, relacionado ao seu alto valor comercial e, historicamente, a grandes impactos na sociedade brasileira (“outras muitas virtudes lhe dão mais fingidas que verdadeiras; sendo a que por mais certa se pode ter a de cativar os corações humanos em tal forma que chegam a desconhecer a quem os criou e deu o ser”).

Finalmente, sobre a platina e o diamante, dois materiais de grande importância econômica e científica, Vieira Couto, em seu trabalho publicado em 1905, descreve algumas observações feitas em suas viagens e pesquisas até então (presentes nos trechos 14 e 15), a seguir:

Trecho 14

A platina, diminutiva de plata, palavra espanhola, e que na nossa língua quer dizer pratinha, é um metal assim chamado, produção da América. Em quase meados do século passado ouviu-se falar dele pela primeira vez. Ocupa em mineralogia o lugar de terceiro metal perfeito; corre parilha com o ouro, e as suas propriedades gerais são quase as mesmas. Tem de mais a mais uma qualidade mais preciosa que a do ouro,

que é a sua dureza, igual à do ferro. (...)

Muito tempo há que, sem ser conhecida, se extrai a platina no Brasil, e que nas casas de fundição desta Capitania a fundem juntamente com o ouro. Muitas barras, e muitas moedas, destes dois metais combinados tem girado no comércio. Chamam-lhes os nossos mineiros de ouro branco; levam-no a fundir, porém sempre de maneira que este tal ouro branco seja em muito menor quantidade que o amarelo ou verdadeiro ouro.

Os fundidores já se assustam quando o vêem, tanto por causa do muito trabalho que lhe nisso vai em o fundir, como também em segundo lugar porque estas fundições, segundo eles dizem, causam muita despesa à casa, pelo consumo do solimão, que superarduamente e à toa lhe deitam com o vão intuito de o adoçarem⁸⁰. (...)

Vinte anos haverá, pouco mais ou menos, que um sujeito desconhecido levou à fundição de Sabará uma parcela de platina, ignorando o que seria, e a entregou ao fundidor, para a examinar e ver se por ventura seria ouro. Este fundidor consumiu quase uma manhã com a dita parcela na forja, e mal conseguiu fundi-la, e fazer dela uma barra. No ato de imprimir-lhe o cunho não sofreu a barra a pancada, partiu-se pelo meio, e ao redor do cunho fendeu-se em diferentes partes. Vendo o tal fundidor um metal de tão difícil fusão, tão rachadiço, de cor esbranquiçada, e tão remoto do ouro, assentou sem nenhum escrúpulo não só não ser ouro, mas nem menos outro qualquer metal, que pudesse ter algum préstimo ou valor. (COUTO, 1905 [1801], p. 70-71).

Aqui, Vieira Couto apresenta a platina (conhecida também como “ouro branco”) como um dos metais mais importantes existentes no Brasil, dedicando especial atenção a sua identificação macroscópica e suas propriedades, como a dureza, fusibilidade, coloração e pouca resistência, bem como a sua grande semelhança com o ouro, inclusive em termos de jazidas e fontes minerais (“Muitas barras, e muitas moedas, destes dois metais combinados tem girado no comércio”). Há, portanto, potencial semelhante neste trecho para ser trabalhado conjuntamente aos de números 11, 12 e

⁸⁰ O uso de solimão e a técnica de “adoçar” o minério de platina estão relacionados com a amalgamação deste metal através do cloreto de mercúrio II (conhecido àquela época, pelos mineradores brasileiros, como solimão) (FERRAZ, 1995b).

13 na discussão sobre propriedades da matéria em sala de aula.

Porém, merece destaque sua narrativa sobre as limitações técnicas, existentes àquela época, para a correta identificação da platina, elemento ainda muito associado à idéia de contaminação de amostras de ouro, como visto em trabalhos sobre a platina peruana e colombiana (“causam muita despesa à casa, pelo consumo do solimão, que superarduamente e à toa lhe deitam com o vão intuito de o adoçarem” e “Este fundidor consumiu quase uma manhã com a dita parcela na forja, e mal conseguiu fundi-la, e fazer dela uma barra”). Observa-se então a clara menção a aspectos da Natureza da Química, como a relevância dos ensaios analíticos e da necessidade de uma boa precisão na identificação destes materiais analisados.

Percebe-se ainda que estes métodos e técnicas de análise possuíam suas próprias limitações. Aqui, o autor critica a tentativa de uso da técnica de amalgamação com mercúrio (tão importante para a separação do ouro) para a obtenção também da platina, destacando a falta de conhecimento por parte dos fundidores de que esse metal não se amálgama com o mercúrio como o ouro, inviabilizando então a utilização do mesmo método (FERRAZ, 1995b). Nesse sentido, destaca-se a inevitabilidade das atualizações técnicas e metodológicas inerentes à Química que, conforme avança em seu conhecimento sobre a natureza, passa a depender de novos olhares e formas de observar e investigar.

Trecho 15

Na sua cristalização [dos diamantes] se observam muitas variedades: as pedras pequenas são as mais regulares pela maior parte; conhecem-se bem as que são em forma de duas pirâmides, unidas pelas suas bases, e as quais chamam os nossos mineiros diamantes de pião; as que são triangulares, chamadas diamantes em figura de chapéu; as que tesseladas, ou arredondadas; e todas elas bem conformadas, e com suas faces e ângulos bem vivos e distintos. Mas pelo que diz respeito às pedras maiores; estas não guardam forma alguma constante e regular de cristalização: umas são redondas e lisas, outras chatas, outras alongadas, e sempre por alguma ponta ou extremidade mostrando lados abruptos, como se lhes faltasse sua continuação ou algum pedaço. (COUTO, 1905 [1801], p. 138-139).

Ao descrever as diferentes formas de cristalização dos diamantes que encontrou durante seus estudos, Vieira Couto faz uma descrição dos hábitos destas amostras (“duas pirâmides”, “triangulares”, “arredondadas”, etc.). Chama a atenção à associação entre essas características macroscópicas e o processo de classificação desses diamantes em grupos distintos, aspecto relevante da Natureza da Química em sua relação com a exploração e investigação dos recursos naturais, como discutido anteriormente.

Igualmente, um dos pontos mais significativos deste trecho para o ensino de Química é a associação do processo de cristalização dos diamantes e seu hábito/forma macroscópica. O primeiro é um processo ocorrido, inicialmente, em nível atômico-molecular (ou seja, submicroscópico), envolvendo conceitos como ligações químicas (no caso do diamante, ligações predominantemente covalentes), interações intermoleculares e geometria molecular (com especial atenção às propriedades únicas dos átomos de carbono). Contudo, essa própria cristalização do mineral alcança o nível macroscópico, uma vez que se manifesta diretamente nos tipos de hábitos, colorações e outras propriedades deste material. Há, portanto, uma relação intrínseca e de fácil observação entre duas escalas extremas do conhecimento químico (submicroscópica e macroscópica), conectadas aqui por propriedades deste material (MEIJER; BULTE; PILOT, 2009), podendo ser trabalhada de forma muito ilustrativa a partir desse trecho, abarcando ainda conceitos como ligações químicas, geometria molecular, alotropia, interações intra e intermoleculares, etc.

A análise dos textos históricos relacionados à Mineração colonial no Brasil nos permitiu, ao longo deste capítulo, observar as potencialidades que o trabalho com esse tipo de material apresenta para o ensino de Química, possibilitando reflexões e discussões principalmente no âmbito da Natureza da Química e de seus níveis de conhecimento, além de alguns importantes conteúdos escolares desta área. Todavia, a exploração mineral, ao longo de nossa História e, inclusive, atualmente, pode ser facilmente compreendida como uma atividade interdisciplinar, abrangendo conhecimentos e técnicas de diferentes áreas para além da Química, como as

Geociências, a Física e a Matemática. Além do trabalho específico com os textos históricos, emergem ainda importantes reflexões para as disciplinas escolares de Português, Sociologia, Artes, etc., fato esse que, durante esta investigação, chamou-me muito a atenção.

Ainda que não seja o objetivo principal deste trabalho, acredito que uma breve análise desse potencial interdisciplinar das atividades realizadas no âmbito da HFC⁸¹, principalmente aquelas envolvidas com o uso de materiais históricos, é relevante e não pode ser ignorada. Desta forma, apresento, no Apêndice A deste texto, um pequeno resumo de sugestões de abordagens interdisciplinares possíveis de serem realizadas por diferentes professores interessados, em distintas disciplinas, a partir da temática da Mineração brasileira.

⁸¹ Destaca-se que muitos trabalhos presentes na literatura a respeito da associação entre HFC e Ensino de Ciências são elaborados a partir dessa perspectiva interdisciplinar, como pode ser visto nas tabelas 1 e 2, apresentadas na Introdução dessa investigação, e no trabalho de Gandolfi e Figueirôa (2013).

Capítulo VI – As Nitreiras no Brasil colonial: potencialidades para o Ensino de Química

A partir da mesma perspectiva e dos mesmos objetivos de investigação destacados no capítulo anterior, no âmbito da Mineração brasileira, apresento agora os resultados de minhas análises e reflexões sobre o potencial que a exploração do salitre representa para o trabalho em sala de aula, sob o ponto de vista da Natureza e da História da Química.⁸²

1. A EXPLORAÇÃO DAS NITREIRAS DO BRASIL COLONIAL NO ENSINO DE QUÍMICA

As nitreiras constituem uma das mais importantes formas de exploração mineral conhecidas, estando especialmente relacionadas à obtenção do salitre, um dos materiais componentes da pólvora. Dessa forma, foram consideradas essenciais do ponto de vista da soberania nacional, uma vez que possuíam papel relevante no sistema de defesa de qualquer país. Assim como para a Mineração em geral, apresento, a seguir, trechos extraídos de diferentes fontes históricas primárias sobre a exploração das Nitreiras no Brasil colonial, com suas respectivas análises do ponto de vista dos conhecimentos e práticas químicas e de aspectos da Natureza da Química. Na organização desses textos para apresentação, agrupei-os em dois grandes temas (a saber: prospecção e produção, e purificação e aplicações), buscando facilitar a compreensão da relação científica e empírica das discussões presentes nos trechos selecionados, bem como possibilitar diferentes formas de organização de atividades, levando a abordagens mais flexíveis na sala de aula.

⁸² Incluo também breves apontamentos para o trabalho concomitante com alguns conteúdos químicos relevantes, como argumentado no capítulo anterior.

1.1. Prospecção e produção do salitre

Destaco, inicialmente, o texto de Joseph Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765), engenheiro e professor militar, que apresenta uma breve descrição do salitre para seus alunos em seu trabalho intitulado “Exame de Bombeiros”, publicado na forma de manual (ou “livro didático”) em 1748.

Trecho 16⁸³

Salitre não é outra coisa mais que um sal, misturado de muito ar sutil⁸⁴, cujas partículas são voláteis e elásticas, que lhe provém, e da sua mesma natureza. Acha-se em cavernas úmidas, abóbadas frescas, paredes velhas demolidas; e em pedras expostas muito tempo ao ar, que lhe introduz as suas partículas; de onde vem chamar-se a este salitre “salpetrae”, ou flor de muro. Também se produz em cavalherices, cortes de gado, ou currais, que pelas suas superabundâncias e urinas, contraem esta matéria salitrosa; e ainda o há em terras, que de sua natureza o produzem.

Como se conhecem as terras que tem salitre?

De vários modos se conhece; pondo-a sobre a língua; se tem pico, como o sal e a resfria, é sinal evidente de haver salitre; ou lançando-a sobre brasas vivas; se espirrar, como faz o sal, tem a terra salitre: também se conhece fazendo um furo na terra, com um ferro frio, e pondo-o em brasa, se mete no mesmo furo até resfriar, que havendo na terra salitre, vem pegado ao ferro. Achada que seja a terra, se cava um, ou palmo e meio, de fundo, sem tempo seco de calor, e se põem a enxugar à sombra, por 8 dias, e se remexe, para se fazer solta. (ALPOIM, 1748, p. 308-309).

Alpoim descreve o salitre como pertencendo ao grupo dos sais, sendo formado ainda por um “ar sutil cujas partículas são voláteis e elásticas”, incorporando em seu texto aspectos do nível submicroscópico do conhecimento químico, principalmente ao tentar fornecer uma composição deste material. Introduce, em seu discurso, ideias

⁸³ Optou-se pela manutenção da sequência de numeração dos trechos históricos iniciada no capítulo anterior.

⁸⁴ Atualmente, os “ares” são entendidos como gases em geral.

relacionadas a teorias e modelos daquele período, como o conceito de mistura e a própria descrição do ar sutil (ou fluido elástico), advinda dos estudos da então recente Química Pneumática de Black, Cavendish, Lavoisier, entre outros. O autor chama a atenção ainda para o papel da observação macroscópica nas atividades de prospecção e exploração mineral, principalmente ao destacar os diversos locais e situações em que o salitre poderia ser encontrado (“Acha-se em cavernas úmidas, abóbadas frescas, paredes velhas demolidas; e em pedras expostas muito tempo ao ar, que lhe introduz as suas partículas; de onde vem chamar-se a este salitre “salpetrae”, ou flor de muro”). Aqui, notamos a grande influência da visão naturalista da época, ainda que Alpoim tenha se formado originalmente como Engenheiro e não na área de História Natural, principalmente no que concerne à observação detalhada e crítica da natureza.

Nesse âmbito, o autor trabalha ainda com aspectos da experimentação, denotando sua formação voltada mais às atividades práticas e de exploração física, visando identificar a presença ou não deste material nos solos analisados, descrevendo os mais diversos testes analíticos (inclusive organolépticos) que poderiam ser empregados para tanto (“De vários modos se conhece; pondo-a sobre a língua; se tem pico, como o sal e a resfria, é sinal evidente de haver salitre”). Utiliza, assim, principalmente análises qualitativas, advindas de uma clara herança dos trabalhos alquímicos de identificação prática de substâncias.

Por fim, esse trecho pode permitir o início de um trabalho com os alunos a respeito dos compostos inorgânicos e de sua formação natural, aspecto importante das aulas de Química atuais. Nesse contexto, podem ser realizadas discussões sobre substâncias, funções e reações químicas, bem como o sistema de classificação das substâncias naturais (sua origem, critérios, agrupamentos, propriedades, nomenclatura, etc.), além da compreensão da formação destes materiais em nosso planeta e no universo como um todo, principalmente com relação a sua origem e à definição do conceito de matéria.

José Vieira Couto (1752-1827), naturalista que também trabalhou na prospecção e análise do salitre brasileiro, discorre no trecho 17, a seguir, sobre nitreiras artificiais e também sobre aquelas naturais existentes na região do Monte Rorigo, presentes em seu trabalho intitulado “Sobre as salitreiras naturaes de Monte Rorigo: maneira de as

auxiliar por meio das artificiaes; refinaria do nitrato de potassa, ou salitre”, de 1803.

Trecho 17

Muito tempo há que se fala deste nitrato de potassa espontâneo ou natural; uns exagerando sua cópia, outros tomando por este sal o que não era; todos descrevendo e informando mal; atestando alguns que até se achava profundo e invicerado na terra, contra toda a observação e teoria da ciência: cujas discrepâncias não faziam mais do que confundir e por os ânimos perplexos daqueles que dirigiam a coisa pública, para saberem decidir-se sobre objeto de tanta importância. Tendo recebido por tanto ordem superior para examinar esta produção da natureza e fixar por uma vez a seu respeito as vagas idéias do ministério, dirigi meus passos a um lugar que, entre todos, goza da maior celebridade por semelhantes produções. (...)

Estas cavernas, dignos templos da majestade de um Deus Pythio⁸⁵, ou de uma Sybila de Cumas⁸⁶, onde os homens, cheios de pavoroso respeito, tremendo iriam ouvir da boca de outros homens, e em nome da Divindade, a futura história de seus destinos; estas cavernas, onde até hoje tem reinado uma profunda paz e solidão, um dia serão desfiguradas para delas se extrair o branco sal, que nos dias de terror, e no campo da morte, entre nuvens de fumo e línguas de fogo, irá aumentar a confusão, o horror, e a destruição! (...)

Abundam as cavernas de Monte Rorigo em vários sais, sendo, porém os dominantes e em maior quantidade os nitratos de potassa, de cal e magnésia. Seguem-se ao depois os muriatos⁸⁷ de soda, terrosos e alguns sulfatos, muito menos ainda que os muriatos. O nitrato de potassa existe sempre à superfície, nas recâmaras mais resguardadas do sol, por entre as frinchas e cavidades das estalactites, de maneira que em alguns destes lugares se vêem grossas lágrimas do mesmo nitrato, muito puro e cristalino, apegadas às paredes. Cavando-se mais profundamente, que exceda a dois palmos pouco mais pouco menos, já não se topam com os nitratos, porém em seu lugar acham-se muriatos, ou sós, ou com muito poucos nitratos. (...)

⁸⁵ Epíteto do Deus grego Apolo.

⁸⁶ Importante sibila (profeta) da mitologia greco-romana.

⁸⁷ Atualmente, conhecidos como cloretos.

Pelo que fica exposto já se vê, e é patente a todos aqueles que entendem do mecanismo, e de tudo o que se passa debaixo das salitreiras artificiais respectivo à produção do nitrato de potassa, que a origem dos nitratos de Monte Rorigo não é outra, que não seja a mesma dos nitratos produzidos nas salitreiras artificiais, e que estas só se distinguem daquelas unicamente por serem fabricadas pelas mãos dos homens, e o nitrato aí produzido à custa da indústria humana.

Também pelo que fica dito se vê que é exagerada toda a abundância que apregoam dos nossos nitratos naturais ou espontâneos. Um tal sal, que é só produzido muito à superfície da terra, que não se estende por baixo dela em veias ou camadas, como alguns quiseram persuadir; que depois de uma vez extraíndo, convém que corra o tempo para haver nova e sucessiva produção; um tal sal nunca será de uma tal fartura para preencher um grande objeto. Estas nossas salitreiras naturais, para o dizer de uma vez, sem serem auxiliadas pelas artificiais, pelos braços e atividade dos povos, nunca serão uma grande coisa. (...)

Estas salitreiras nos indicam sim que este país, principalmente o sertão, é próprio para a produção do nitrato de potassa; elas clamam pelos nossos braços, pela nossa arte e indústria, para promover e aumentar infinitamente os começos da natureza. As salitreiras artificiais levantadas de mistura, e a par com as naturais, e mutuamente auxiliando-se umas as outras, todas dirigidas e maneadas por mãos sabedoras daquilo que querem fazer; então em lugar de uma módica riqueza e passageira, teremos uma permanente, progressiva, sempre renovada, e que vá sempre a mais. A natureza em fim parece que tem votado aqui a favor das salitreiras artificiais. (COUTO, 1803, p. 392-397).

Vieira Couto destaca inicialmente suas impressões obtidas durante as viagens de prospecção do salitre por nosso território, dando especial atenção à importância das observações visuais para as atividades de busca e exploração deste material, denotando aspectos de sua formação naturalista a partir das orientações de Domenico Vandelli (“Estas cavernas, dignos templos da majestade de um Deus Pythio, ou de uma Sybilla de Cumas” e “O nitrato de potassa existe sempre à superfície, nas recâmaras mais resguardadas do sol, por entre as frinchas e cavidades das estalactites, de

maneira que em alguns destes lugares se vêem grossas lágrimas do mesmo nitrato, muito puro e cristalino, apegadas às paredes”).

Nessas investigações, depara-se com diferentes tipos de sais, além do salitre, nos solos que analisa, buscando sempre diferenciá-los, classificá-los e dar-lhes nomes: o próprio nitrato de potássio (“nitrato de potassa”), nitrato de cálcio (“nitrato de cal”), nitrato de magnésio (“nitrato de magnésia”), cloreto de sódio (“muriato de soda”) e terrosos, além de sulfatos. Nesse caso, observa-se a explícita necessidade de uma organização e sistematização das diferentes substâncias ali encontradas, de forma a orientar e compreender melhor o trabalho nas nitreiras.

Nesse ponto, chama a atenção ainda a opção do autor por seguir o sistema simbólico e de nomenclatura presente nos livros Método de Nomenclatura Química (de Lavoisier, Morveau, Berthollet e Fourcroy, de 1797) e Tratado Elementar de Química (de Lavoisier, recém-publicado em 1789) e que, àquele momento, ainda se consolidavam na área, demonstrando que Vieira Couto mantinha contato com as tendências do conhecimento químico do período, estabelecidas nos já citados trabalhos de Dalton, Berzelius, Lavoisier, etc. Acredito ainda que a compreensão das mudanças sofridas ao longo dos séculos pelo sistema de classificação e de nomenclatura dos compostos químicos pode se mostrar de grande interesse para o Ensino de Química (principalmente nas aulas sobre compostos orgânicos e inorgânicos, tão comuns em nossas escolas), especialmente por contribuir para o entendimento da mutabilidade das ideias, conceitos e padrões desta Ciência, muito influenciada pela descoberta e síntese de novos materiais.

Neste sentido, o impacto que este novo sistema de nomenclatura teve na própria consolidação da Química como Ciência, bem como sua grande relevância nas atividades químicas até hoje (observada, por exemplo, pelo papel regulador exercido pela IUPAC⁸⁸, dentre outras coisas, na atribuição de nomes e símbolos a novas substâncias químicas) torna-se uma caminho para a discussão, em sala de aula, das relações existentes entre os níveis submicroscópico (aqui, entendido dentro da idéia de composição das substâncias) e simbólico da Química (o qual atribui sentido lingüístico

⁸⁸ International Union of Pure and Applied Chemistry.

a esta composição química).⁸⁹ Há ainda a importante reflexão sobre os sistemas, técnicas e regras de identificação, classificação e determinação de composição química dos mais variados materiais e substâncias que vêm sendo descobertos na natureza e/ou sintetizados artificialmente ao longo de nossa História, altamente influenciados, por exemplo, pela descoberta de novos territórios, como a própria América e seus produtos naturais.

Esse trecho pode ser usado ainda para dar continuidade à introdução do estudo sobre os compostos inorgânicos, justamente devido a estas menções de compostos químicos inorgânicos cuja origem está ligada à formação de materiais nos solos, como o próprio nitrato de potássio, além de nitrato de cálcio, nitrato de magnésio, cloreto de sódio, cloretos terrosos e sulfatos. Trata-se, então, de um trecho interessante para o trabalho com as fórmulas e nomenclaturas inorgânicas, principalmente em discussões sobre as mudanças na forma de se nomear os compostos químicos ao longo dos anos.

Vieira Couto também evidencia em seu texto a influência exercida pelo governo em suas atividades científicas e de exploração do salitre (“Tendo recebido por tanto ordem superior para examinar esta produção da natureza e fixar por uma vez a seu respeito as vagas idéias do ministério, dirigi meus passos a um lugar que, entre todos, goza da maior celebridade por semelhantes produções”). Contribui, portanto, para reflexões, do ponto de vista do Ensino de Ciências em geral, sobre quem são os atores, motivações e zonas de forças políticas e econômicas existentes por trás das opções por determinadas práticas científicas e investigações de caráter de exploração da natureza. Salienta ainda que este interesse da metrópole pelo salitre é plenamente justificável do ponto de vista da soberania nacional e da defesa do território, uma vez que é um importante componente de arma de guerra (“um dia serão desfiguradas para delas se extrair o branco sal, que nos dias de terror, e no campo da morte, entre nuvens de fumo e línguas de fogo, irá aumentar a confusão, o horror, e a destruição!”). Aqui, há

⁸⁹ No livro Método de Nomenclatura Química, de 1787, os autores destacam a importância do conhecimento da composição das substâncias em termos de seus elementos para a construção de sua nomenclatura. Destacam ainda que os ácidos e as bases seriam assim nomeados, enquanto que os sais teriam seus nomes formados a partir de seus ácidos e bases integrantes (HUDSON, 1992), algo que ensinamos de forma muito semelhante nas aulas de nomenclatura inorgânica atualmente.

a possibilidade de construção de uma discussão a respeito da conexão entre Ciência e poder, que ganham força principalmente após a 1ª Revolução Industrial, colocando um maior domínio político, bélico e econômico nas mãos daqueles países detentores de conhecimentos científicos de ponta, como a Inglaterra e a França.

Por fim, o autor traça ainda uma comparação entre as nitreiras naturais (encontradas em quantidade razoável no Brasil) e as artificiais, destacando a relevância da existência de ambas para um abastecimento de salitre condizente com as necessidades nacionais (“As salitreiras artificiais levantadas de mistura, e a par com as naturais, e mutuamente auxiliando-se umas as outras, todas dirigidas e maneadas por mãos sabedoras daquilo que querem fazer”), dentro da corrente do Iluminismo Científico, fortemente associado a uma visão de Ciência do ponto de vista utilitário e pragmático. Constrói, portanto, uma discussão sobre a opção pela exploração natural ou produção artificial de materiais, tema atualmente em voga, principalmente no que concerne à área de Química dos Produtos Naturais.

Sua preocupação reside essencialmente no fato de que o salitre demanda certo tempo para ser formado na natureza e, assim, seu ciclo de produção-extração não acompanharia o ritmo necessário à indústria bélica portuguesa (“Um tal sal, que é só produzido muito à superfície da terra, que não se estende por baixo dela em veias ou camadas, como alguns quiseram persuadir; que depois de uma vez extraído, convém que corra o tempo para haver nova e sucessiva produção; um tal sal nunca será de uma tal fartura para preencher um grande objeto”), demonstrando seu entendimento sobre os processos de formação dos materiais minerais na natureza e a questão temporal e de esgotamento envolvida nas atividades de exploração.

Sobre as nitreiras naturais que encontrou em Montes Altos, na Bahia, José de Sá Bittencourt Accioly (1755-1828) as descreve de modo a tentar elucidar a formação do salitre em nosso território, como visto no trecho 18, a seguir.

Trecho 18

O salitre por todos bem conhecido, é um sal neutro composto pelo Ácido Nitroso⁹⁰ combinado até o ponto da saturação com o Álcali fixo vegetal, donde se

⁹⁰ Hoje, sabemos que o ácido nitroso (HNO₂) dá origem a sais do tipo nitrito (formados pelo ânion NO₂⁻).

segue, que logo que estes princípios existirem unidos, ou na esfera da sua atração, deve infalivelmente existir o terceiro. Ele se forma na superfície da terra própria, para produzir, nas cavas, lapas, alpendradas cobertas da chuva, aonde existem as substâncias capazes de o fazerem aparecer, contanto que o possa circular a massa da terra, aonde ele se gera, cooperando muito para a sua formação, um certo grau de umidade muito necessária.

O ar, que conforme as observações de M. Hellot se tornava necessário para a formação do Nitro⁹¹, como agente ou fermentante dos seus princípios, agora que melhor se conhece a razão suficiente do modo, como ele obra, segundo as observações de M. Cavendish, na combinação de sete partes do ar puro⁹², três de ar impuro⁹³, com o choque da faísca elétrica para produzir o ácido nitroso.

Estas verdades, que têm sido tantas vezes demonstradas, não deixam de aumentar de evidência com que observei. Logo que esta observação se forma, e aparece o ácido nitroso, achando este a base própria para a formação do nitro, que então começa a aparecer, formando a sua eflorescência, que é tanto maior quanto o lugar é próprio, livre não só da chuva, como da violência dos raios de sol, que sendo muito fortes faz secar a terra, e volatilizar o ácido nitroso das delicadas agulhas de eflorescência, deixando sobre a superfície da terra a sua base, como observei, a qual fazia com o ácido nitroso efervescência. (ACCIOLY, 1845 [1800], p. 87-88).

Accioly traz, em seu trabalho sobre o salitre natural de Montes Altos, diversos aportes, principalmente no que diz respeito a aspectos da própria História da Química e de seus modelos e teorias sobre formação de substâncias e reações químicas. Trata-se de um notável cruzamento de conhecimentos químicos do nível submicroscópico (“combinações”, “ares”, “princípios”, etc.) com as observações macroscópicas que realizava durante seus trabalhos de prospecção do salitre. Inicialmente, ao buscar uma

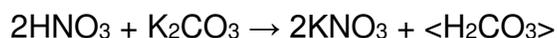
O autor, provavelmente devido a uma diferença de nomenclatura, estava se referindo ao ácido nítrico (HNO₃), que dá origem aos nitratos, como o salitre (nitrato de potássio).

⁹¹ Salitre.

⁹² Atualmente, gás oxigênio.

⁹³ Atualmente, gás nitrogênio.

explicação para a formação desse material na natureza, emprega claramente conceitos como reações químicas (à época, chamadas de “combinações”) e compostos inorgânicos, recentemente discutidos naquele período (como ácido nitroso, base, sal neutro, etc.). Dessa forma, justifica o aparecimento do salitre a partir da reação entre o ácido nitroso formado no solo (hoje sabemos que se trata do ácido nítrico) e um álcali fixo⁹⁴ também ali presente:



É interessante notar ainda que Accioly cita a identificação da presença desse salitre a partir da efervescência gerada pela reação de sua formação. Nesse caso, o que o autor observava era a liberação de gás carbônico a partir da decomposição do ácido carbônico ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$), um ácido hoje conhecido como instável, ou seja, que se decompõe liberando um composto volátil (“deixando sobre a superfície da terra a sua base, como observei, a qual fazia com o ácido nitroso efervescência”).

O autor apresenta ainda uma explicação para a presença deste ácido no solo, utilizando, essencialmente, argumentos e modelos da então moderna Química Pneumática, advindos principalmente dos trabalhos de Cavendish. Nesse sentido, descreve a importância do gás oxigênio (agente ou fermentante – atualmente, entendido como agente oxidante) e do gás nitrogênio para a obtenção do dito ácido, os quais reagiriam entre si em uma proporção definida (“combinação de sete partes do ar puro, três de ar impuro”), a partir de uma descarga elétrica controlada.⁹⁵

Acredito que essa conexão entre seus trabalhos de campo, observações da

⁹⁴ Atualmente, trata-se do sal (portanto o nome “fixo”, ou seja, que não é volátil) conhecido como carbonato de potássio, que, ao ser dissolvido em água, gera um pH básico (daí o nome “álcali”), através de um processo conhecido como hidrólise salina.

⁹⁵ É interessante ressaltar que o atual método de produção laboratorial do ácido nítrico baseia-se exatamente nas mesmas observações feitas por Accioly a respeito do trabalho de Cavendish, como já discutido no capítulo IV. Este método, conhecido como Birkeland-Eyde e baseado nos experimentos de Cavendish, emprega água, gás oxigênio e gás nitrogênio, que são levados a reações químicas de oxidação em um forno com dispositivo de liberação de faíscas elétricas. É também o processo reacional que ocorre na produção do ácido nítrico na atmosfera, levando à formação das precipitações ácidas.

natureza e as análises e explicações de caráter teórico (submicroscópico) deixam clara a multidimensionalidade do conhecimento químico. Nesse sentido, compreender a existência e a profundidade dessas relações (como o próprio uso de explicações submicroscópicas para o entendimento do mundo visível) é parte crucial do processo de ensino-aprendizagem da Química.

Ademais, a própria narrativa construída por ele para descrever o processo de formação desta substância na natureza pode ser empregada pelo professor de Química para reflexões e construção do conhecimento a respeito das reações inorgânicas e das interações entre os compostos na natureza, complementando o já citado trabalho com as substâncias inorgânicas em sala de aula.

Em uma linha de argumentação mais preocupada com o fomento, construção e exploração de nitreiras do tipo artificiais, Vieira Couto continua sua descrição sobre Monte Rorigo, destacando quais são as principais técnicas e materiais empregados para a montagem dessas fontes de salitre, como visto a seguir no trecho 19.

Trecho 19

Para melhor manear-se esta terra, e saber-se haver com ela o salitreiro, deve este saber que o nitrato de potassa, este sal, cuja produção e colheita é o objeto das suas lidas, é composto de três princípios, oxigênio, azoto⁹⁶ e potassa: a combinação dos dois primeiros constitui o ácido nítrico, e este ao depois com a potassa o dito nitrato ou salitre.

O oxigênio e o azoto formam este nosso ar atmosférico, que respiramos, porém no estado de simples mistura, e não de combinação; por quanto o azoto já reduzido a perfeito gás, e tal qual existe na atmosfera, isto é, depois de já ser dissolvido no calórico, ele repugna esta combinação; quando, pelo contrário, o oxigênio aparece, se presta a ela com toda a facilidade.

Daqui se vê que para formarmos o ácido nítrico não há outra dificuldade, senão de expormos ao oxigênio (sempre pronto para a sua combinação, e princípio abundante na atmosfera) o azoto, não no estado de gás perfeito, mas sim um instante antes (digamo-lo assim) quando ele se prepara para tomar este mesmo estado gasoso. Os

⁹⁶ Atualmente conhecido como o elemento químico nitrogênio; entendido aqui como o gás nitrogênio (N₂).

corpos que abundam deste princípio chamado azoto são todos aqueles que procedem de substâncias animais e vegetais: daqui se vê qual seja a maior parte dá terra, de que há de ser cheia a vossa salitreira. Formado o ácido nítrico, ainda não está formado o salitre: cumpre oferecer-lhe ainda o terceiro princípio, a potassa^(), de que ele é muito ávido, e que mutuamente um e outro se atraem e se combinam, logo que se tocam. Este princípio, a potassa, é subministrado em parte pela mesma terra vegetal, e em parte pelas cinzas, lixívias, ou ainda a mesma potassa, de que tanto uso se faz nas salitreiras, como adiante direi.*

Como é conveniente que formado que seja o dito ácido nítrico, nada se perca dele, cumpre oferecer-lhe bases com fartura, a que se apegue. Por isso como somente a terra vegetal não seria bastante para fornecer-lhe, ao compasso que se cria, estas bases de potassa sempre suficientes, convém também multiplicar outras bases e oferecer-lhe terras, com as quais, depois da potassa, ele com facilidade também se combina. Eis aqui a necessidade de empregar terras calcárias nas salitreiras. (...)

Cumpre que a salitreira, conservando pela maior do tempo suas esteiras abatidas, mantenha parte no seu recinto um ar estagnante e uma luz branda, não muito viva. A grande luz é prejudicial à produção deste sal, cooperando para o desenvolvimento súbito do azoto em gás e dessecando a umidade atmosférica do mesmo recinto.

Esta mesma umidade do ar é outra circunstância que se deve procurar e manter. Este ar úmido não só promove a podridão, mas também serve de excipiente aos corpos que se volatilizam, ao ácido que se forma; conserva-os em si, até que chegue a ocasião do contato, e só produzem os nitratos. Este requisito consegue-se por meio dos borrifos ou regas, de que logo tratarei, e levantando as esteiras durante o tempo úmido, e nas noites serenas e orvalhosas que nos climas dos sertões são a este respeito tão belas e admiráveis.

() A potassa é o sal extraído das mesmas cinzas, e calcinado ao depois em fornos apropriados para isso, onde se conserva por algum tempo este sal em brasa, sem nunca se deixar fundir. Nos engenhos, e depois das queimadas das roças onde ficam montões de cinzas, pode-se fazer um grande provimento deste precioso gênero. (COUTO, 1803, p. 399-400).*

O trecho 19 é uma completa descrição das condições ambientais e dos processos químicos envolvidos na formação do salitre, essencialmente de forma artificial. Observam-se as alusões ao nível simbólico do conhecimento químico, relacionadas à menção de fórmulas moleculares (“o nitrato de potassa, este sal, cuja produção e colheita é o objeto das suas lidas, é composto de três princípios, oxigênio, azoto e potassa”) e nomenclatura de importantes compostos inorgânicos (“ácido nítrico”, “oxigênio”, “azoto”, “nitrato”, “potassa”, etc.), demonstrando a já conhecida proximidade de Vieira Couto com os então recentes conhecimentos sobre a estrutura da matéria e a nova nomenclatura Química.

O nível submicroscópico do conhecimento químico também está presente neste trecho, uma vez que o autor traz concepções de teorias e modelos químicos da época, como: calórico, combinação, estado simples de mistura, princípio, estado de gás perfeito, volatilização, etc. Destaca-se aqui sua diferenciação entre mistura⁹⁷ e combinação⁹⁸ (“O oxigênio e o azoto formam este nosso ar atmosférico, que respiramos, porém no estado de simples mistura, e não de combinação”), tema que despertou muitos debates nas ciências químicas ao longo de séculos e que apenas começava a assumir um modelo consensual, como resultado da Revolução Química ocorrida durante o século XVIII.

Já o nível macroscópico, relacionado aos fenômenos observados e à execução de procedimentos práticos, pode ser notado na descrição do trabalho do mestre salitreiro (manuseio da terra, uso de substâncias animais, vegetais e de terras calcárias, adição de potassa, condições do ar, da umidade e da luz no local) e na elaboração de técnicas e, inclusive, de métodos para a construção e exploração destas nitreiras artificiais (“Este requisito consegue-se por meio dos borrifos ou regas, de que logo tratarei, e levantando as esteiras durante o tempo úmido, e nas noites serenas e orvalhosas que nos climas dos sertões são a este respeito tão belas e admiráveis”). Portanto, chama-se novamente a atenção para o papel especial que as técnicas e métodos de manipulação e síntese de substâncias têm nas atividades químicas.

Por fim, destaco ainda a contribuição desse trecho para a compreensão do ciclo

⁹⁷ Coexistência de diferentes substâncias químicas que, no entanto, não reagem entre si.

⁹⁸ Reações químicas.

Biogeoquímico do Nitrogênio, que engloba as transformações sofridas pelo átomo de nitrogênio ao interagir com a litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera (já discutido no capítulo IV e ilustrado na Figura 5, a seguir).

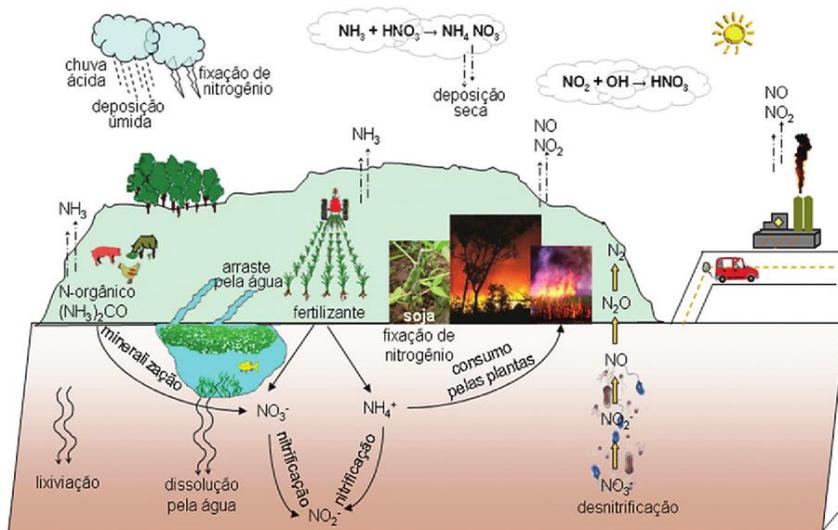


Figura 5: Ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio
(CARDOSO; MACHADO; PEREIRA, 2008)

Justamente ao descrever macroscopicamente as principais etapas da construção e uso de uma nitreira artificial, Vieira Couto deixa pistas sobre o funcionamento desse ciclo natural (suas reações, mecanismos, condições ambientais e microrganismos envolvidos), relevantes não apenas para aulas de Química, como também de Biologia e Geociências. Aqui, há uma interessante associação entre o “mundo inorgânico”, representado pelos compostos classificados como inorgânicos, e o “mundo orgânico”, denotado pelas substâncias orgânicas que apodrecem nas nitreiras. Assim, possibilita-se ao o aluno a compreensão da relação maior que estas duas grandes áreas da Química (a Química Inorgânica e a Química Orgânica), atualmente tão dissociadas de nosso currículo tradicional, apresentam em um contexto real, ou seja, na natureza.

Nesse sentido, cita indiretamente, por exemplo, o processo de amonização, no qual bactérias decompositoras transformam os átomos de nitrogênio de diferentes matérias orgânicas em sais amoniacais (“Os corpos que abundam deste princípio chamado azoto são todos aqueles que procedem de substâncias animais e vegetais:

daqui se vê qual seja a maior parte dá terra, de que há de ser cheia a vossa salitreira”)⁹⁹, que darão origem, em etapas subsequentes, aos ânions nitratos (NO_3^-) presentes na estrutura do salitre. Dessa forma, contribui tanto para o ensino de reações químicas, compostos e propriedades inorgânicos, como para o entendimento das relações intra e interdisciplinares das diferentes áreas científicas e das reais conexões existentes entre elas quando dos processos ocorridos na natureza.

Ainda sobre as nitreiras e sua relação com o ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio, um trabalho publicado anonimamente em 1855 na revista O Auxiliador da Indústria Nacional, sob o título de “O Salitre”, pode também trazer contribuições, como visto no trecho 20, a seguir. Trata-se de um compêndio que encerra os principais conhecimentos e práticas empregados na exploração do salitre no território brasileiro até então e que foi aqui incluído essencialmente por representar um grande conjunto de saberes e técnicas compilados ao longo de mais de 50 anos deste tipo de exploração no Brasil.

Trecho 20

Com o nome “Salitre” denota-se geralmente os sais que contêm ácido nítrico em combinação com potassa, soda, prata, etc. Ordinariamente no comércio entende-se sob a denominação de salitre das Índias Orientais o nitrato de potassa, e sob salitre de Peru ou Chile o nitrato de soda, a prata ácido-nítrico¹⁰⁰ sendo a conhecida pedra infernal. O salitre, que constitui $\frac{3}{4}$ partes da pólvora, é sempre o nitrato de potassa e só deste último aqui falaremos.

Apesar de se encontrar o salitre em certos lugares, como já fica dito, natural e

⁹⁹ Observa-se aqui a opção técnica de Vieira Couto pelo uso de matéria orgânica como fonte de nitrogênio/azoto ao invés do uso do gás nitrogênio presente na atmosfera. Esta última, já citada no capítulo IV, tratava-se de outra possibilidade considerada à época pelos pesquisadores do salitre para produção do ácido nítrico, essencialmente a partir dos já citados trabalhos de Cavendish: através do conceito de afinidades, o gás nitrogênio atuaria como reagente junto ao gás oxigênio, formando assim os ânions nitratos [“Daqui se vê que para formarmos o ácido nítrico não há outra dificuldade, senão de expormos ao oxigênio (sempre pronto para a sua combinação, e princípio abundante na atmosfera) o azoto, não no estado de gás perfeito, mas sim um instante antes (digamo-lo assim) quando ele se prepara para tomar este mesmo estado gasoso”].

¹⁰⁰ Como já citado neste trabalho, trata-se do nitrato de prata.

completamente formado, a sua origem é, contudo dependente de certas condições, cujo cumprimento nos habilita para o produzir artificialmente segundo a nossa vontade.

Estas condições são:

1.º Existência de substâncias azóticas, animais e vegetais. Estas substâncias compreendem o estrume humano e animal, estéreo da rua, intestinos e outros sobejos animais, lodo de águas mortas, assim como estrume fluido e urina, os quais constituem o fluido animal mais abundante em azoto. Além disso, devemos mencionar as substâncias vegetais como sejam: ervas parasitas de toda a qualidade, palha de ervilhas, de feijões e milho, como também o girassol, cogumelos, etc.

2.º Existência de álcalis e terras, em estado e poroso, de maneira que se possam penetrar pulverizado facilmente. A estes pertencem de preferência todas as substâncias que contém álcali, como sejam: cinzas de pão de toda a qualidade, água do sabão, marga (argila com cal), greda, caliça de edifícios.¹⁰¹

3.º Presença de umidade. As substâncias destinadas para a formação de salitre devem ser penetradas igualmente pela umidade, mas não inundadas, de sorte que formem mais papas, de outro modo não fica cumprida a seguinte quarta condição.

4.º A ação livre do ar, e por consequência amontoamento móvel e poroso das substâncias requeridas.

5.º Temperatura do 5.º até 20.º de Celsius, ou 12.º até 16.º de Réaumur. Contudo, uma temperatura mais elevada não é nociva, acelerando, pelo contrário, a formação do salitre.

Se se cumprirem a risca as supraditas condições, pode-se produzir artificialmente salitre quando se quiser, e os estabelecimentos dessa sorte chamar-se-ão plantações de salitre, ou nitreiras artificiais. Essas nitreiras podem ser combinadas proveitosamente com qualquer outro ramo de economia rural e sem ocasionar particulares despesas, requerendo a sua produção só pouco trabalho e insignificantes cuidados, e dando resultados seguros, sem depender do estado do tempo. O salitre

¹⁰¹ A necessidade de álcalis (ou bases) reside no fato de estas cinzas seriam responsáveis pelo fornecimento dos cátions de potássio (K⁺) para a formação do salitre (KNO₃), juntamente com os ânions nitratos (NO₃⁻) advindos do ciclo biogeoquímico do nitrogênio.

bruto paga-se de 25 a 30 marcos de banco, ou 16 até 19\$000rs¹⁰² por quintal. (O SALITRE, 1855, p. 230-231).

Neste trecho 20, que elenca as condições necessárias para a formação do salitre, observamos referências ao nível macroscópico do conhecimento químico. O autor, ao descrever as condições ambientais primordiais para o surgimento deste material (estrume humano e animal, ervas parasitas, presença de umidade, ação livre do ar, temperatura, etc.), apoia-se na concepção real, descritiva e observável da Química, muito associada à ideia de realização de um experimento. Ainda que, nesse caso, trate-se de uma situação efetiva de trabalho de campo, ou seja, fora dos laboratórios químicos tradicionais, notamos a clara correspondência entre ambos locais de trabalho do químico, conectados através das atividades práticas e de observação macroscópica. Na realidade, torna-se importante destacar aqui a mudança histórica sofrida pela própria profissão do Químico, principalmente após a consolidação da nova Química do século XVIII, que passou a diminuir a frequência de suas investigações de campo (e, então, da observação direta da natureza) e dedicar-se majoritariamente às análises e processos laboratoriais, bem como aos modelos, teorias e pensamentos quantitativos.

Nesse mesmo âmbito, chama a atenção o papel funcional, descritivo e orientador desse trecho, que, ao atuar como um verdadeiro roteiro experimental, busca efetivar uma das mais importantes e economicamente vantajosas atividades das ciências químicas: a produção artificial de materiais, com grande inspiração em seus processos naturais de formação (“Se se cumprirem a risca as supraditas condições, pode-se produzir artificialmente salitre quando se quiser, e os estabelecimentos dessa sorte chamar-se-ão plantações de salitre, ou nitreiras artificiais. Essas nitreiras podem ser combinadas proveitosamente com qualquer outro ramo de economia rural e sem ocasionar particulares despesas, requerendo a sua produção só pouco trabalho e insignificantes cuidados, e dando resultados seguros, sem depender do estado do tempo”).

Por fim, este trecho apresenta ainda claras contribuições para a melhor

¹⁰² 19 mil réis. Em números atuais, seria como algo em torno de 115 reais.

compreensão do ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio, anteriormente introduzido pelo texto de Vieira Couto, principalmente por creditar especial atenção às condições (ambientais e experimentais) para ocorrência artificial de salitre na natureza. Dessa forma, ao trabalhar com materiais como “substâncias azóticas, animais e vegetais”, destacando que podem ser encontrados em “estrupe humano e animal, estéreo da rua, intestinos e outros sobejos animais, lodo de águas mortas, assim como estrupe fluido e urina”, bem como ao descrever a relevância do ar e da umidade neste processo, o autor nos permite uma noção, do ponto de vista da Química (suas substâncias, reações químicas, etc.), sobre a formação de compostos inorgânicos na natureza.

1.2. Purificação e aplicações do salitre

O salitre, após ser formado no solo (seja do tipo natural, seja do tipo artificial) deve ser dali extraído e, posteriormente, purificado, a fim de ser empregado como constituinte da pólvora (sua mais proeminente aplicação) e também em outras situações (como fertilizante e na indústria de alimentos). Nesse sentido, apresento inicialmente o trecho 21, encontrado no trabalho de José Vieira Couto sobre as nitreiras de Monte Rorigo, no qual o autor descreve as etapas e procedimentos necessários para a extração e purificação do salitre ali produzido.

Trecho 21

Tendo posto o salitreiro em execução tudo o que fica dito, e chegado em o fim o tempo da colheita do nitrato, este é indicado por evidentes sinais, que então apresentam as terras da salitreira. Os muros, ou depois de lavrados como ensino, ou renovados, como fica dito, em poucos dias cobrem-se de novo de uma plumagem branca; as terras chegadas à língua excitam uma sensação fria, amarga e picante; elas mostram-se já cabidas em dissolução e poeira, e não viscosas, e conservando ainda muitas de suas partes inteiras: estes sinais indicam que é chegado o tempo das lixívias, ou colheita do nitrato de potassa. (...)

A lavagem ou lixiviação das terras é feita com o fim de se extrair todo o sal contido nelas, e principalmente os nitratos, objetos únicos destes trabalhos. A sua teoria

funda-se sobre este princípio: que sendo os sais solúveis na água, e a terra não, esta água arrastará consigo todos os sais, separando-os da mesma terra, e deixando a esta intacta.

Estas águas devem-se carregar e impregnar-se, o mais que for possível, destes sais; por isso elas são passadas por três a quatro terras, principiando pelas mais pobres, e acabando pelas mais ricas, com o que se carrega mais e mais do mesmo nitrato: tudo isto para que ao depois se demorem menos na evaporação, o que economiza cobres, tempo e lenhas. (...)

Estas águas, que possuem o nome de Águas de cozida, contêm em si diferentes sais, quais ficam já atrás descritos. Eles todos não fazem objeto de nossos votos, mas somente os nitratos tanto de potassa quanto térreos¹⁰³, cujos existem em abundância, e se reduzem a final a nitrato de potassa, decompondo-os. Para esta decomposição empregam os salitreiros vários métodos. Uns ajuntam um terço de cinzas às terras quando as deitam nas cubas ou tinas; outros misturam estas cinzas com as terras ainda formando os muros nas salitreiras; outros as fervem com a água de cozida; outros, enfim, preferem a potassa, que a desmancham no alto das tinas, no ato da lixiviação.¹⁰⁴ (...)

Achei inconvenientes ou mais ou menos em todos estes métodos. Porque abunda muito nestas terras o nitrato de cal (ao menos nas cavernas onde trabalhei); logo que lhes lançava a decoada, ou potassa, na ocasião de as lixiviar, a muita terra calcária e magnésiana se precipitava, que como muito fina e sutil, passava por entre os poros da terra mais grosseira, penetrava as mesmas palhas e capins do fundo da tina, turbava a lixívia, e por fim acabando de entupir os mesmos poros das terras e torneira, ou suspendia de todo a lixiviação, ou ao menos fazia que procedesse com muita pausa e vagar. (...)

Tornando agora à água de cozida: logo que esta está pronta pela passagem das

¹⁰³ Termo usado por Chaptal para nomear nitratos formados no solo que não o de potássio, como o nitrato de magnésio, o nitrato de cálcio, etc.

¹⁰⁴ Trata-se de já descrita técnica de transformação destes outros nitratos presentes no solo em nitrato potássio, através da adição de cinzas (ricas em potássio) ou diretamente de carbonato de potássio (potassa), para promover a troca de cátions entre estes sais.

terras, e adjunto da decoada forte ou potassa, passa-se a sua evaporação. Esta se faz em uma grande caldeira de cobre, engastada em forno próprio, e de fundo oval, para melhor colher-se os sais que se precipitam no decurso da mesma evaporação. À proporção que as águas de diminuem, lança-se mais, e conserva-se a caldeira quase sempre cheia. De tempos em tempos examina-se o ponto, ou a altura em que se acha a evaporação. (...)

O método de refinar, que acabo de descrever, é o que tem sido até hoje praticado em quase todas as refinarias da Europa; porém depois da sempre memorável revolução, que, nos últimos anos do século que acabou, experimentou a Química, e de cuja revolução, como de um brilhante e novo astro, emanaram tantos fochos de luzes, que iluminaram tantas artes e ciência; o processo de refinar o salitre também participou deste clarão, e hoje se principia já a purificá-lo de outra maneira, lavando-o tão somente, de onde lhe vem o nome de refinadura por lavagens. Funda-se a teoria deste método em que a água fria, sem dissolver consideravelmente o salitre, dissolve o muriato de soda¹⁰⁵, os sais terrosos, como mais deliquescentes, e o princípio colorante. O nitrato de potassa assim refinado é posto ao sol, e em poucas horas se põe apto para servir ou no fabrico da pólvora, ou embarricado para entrar no giro do comércio. (COUTO, 1803, p. 406-418).

Notamos aqui novamente o papel da observação macroscópica e de análises rápidas para a determinação da presença ou não de salitre nas nitreiras (“os muros, ou depois de lavrados como ensino, ou renovados, como fica dito, em poucos dias cobrem-se de novo de uma plumagem branca; as terras chegadas à língua excitam uma sensação fria, amarga e picante”). A experiência e a observação crítica do trabalhador/produtor de salitre também possuem grande relevância para essa atividade, pois testes analíticos mais precisos (como aqueles realizados em laboratórios, com todos os seus reagentes e vidrarias) não são aqui empregados, sendo substituídos exatamente por esse conhecimento de campo e de observação da natureza.

Destaca-se ainda a própria necessidade de se empregar a técnica da lixiviação, a fim de se extrair o salitre do solo onde se forma, e sua posterior purificação com

¹⁰⁵ Atualmente, cloreto de sódio.

relação aos outros sais ali presentes (“A lavagem ou lixiviação das terras é feita com o fim de se extrair todo o sal contido nelas, e principalmente os nitratos, objetos únicos destes trabalhos”). Aqui, remete-se à posição crucial que as práticas de separação e purificação de substâncias possuem dentro das ciências químicas, tanto a partir de materiais naturais quanto daqueles produzidos de forma artificial. Além disso, há uma clara descrição da técnica da lixiviação (“A sua teoria funda-se sobre este princípio: que sendo os sais solúveis na água, e a terra não, esta água arrastará consigo todos os sais, separando-os da mesma terra, e deixando a esta intacta”), que pode ser muito útil não apenas para a compreensão do processo como um todo, mas também desta própria técnica de separação em si.

Ademais, chama a atenção a sugestão do autor de se promover a transformação de outros tipos de nitratos (de cálcio, de magnésia, etc.) no nitrato desejado, ou seja, de potássio (“Estas águas, que possuem o nome de Águas de cozida, contém em si diferentes sais, quais ficam já atrás descritos. Eles todos não fazem objeto de nossos votos, mas somente os nitratos tanto de potassa quanto térreos, cujos existem em abundância, e se reduzem a final a nitrato de potassa, decompondo-os”). Como já discutido no capítulo IV, neste caso, haveria a execução de reações químicas¹⁰⁶, a fim de se alterar a composição destes solos lixiviados, aumentando o rendimento do salitre produzido, outro aspecto importante das atividades químicas.

Vieira Couto traz ainda uma informação histórica sobre a Natureza da Química, principalmente em um período de intensas e profundas modificações desta Ciência, chamado por ele de “memorável revolução”, com claras alusões ao momento da Ilustração científica (“porém depois da sempre memorável revolução, que, nos últimos anos do século que acabou, experimentou a Química, e de cuja revolução, como de um brilhante e novo astro, emanaram tantos fochos de luzes, que iluminaram tantas artes e ciência”). Seu objetivo aqui é descrever os impactos que os novos conhecimentos advindos desta nova Química tiveram sobre as atividades de refino (purificação) do salitre no mundo e, é claro, no Brasil.

Para tal, destaca o método tradicional de separação do nitrato de potássio dos

¹⁰⁶ Por exemplo: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_3 + \text{CaCO}_3$

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{KNO}_3 + \text{MgCO}_3$

outros sais dissolvidos na água de cozida (“Tornando agora à água de cozida: logo que esta está pronta pela passagem das terras, e adjunto da decoada forte ou potassa, passa-se a sua evaporação. Esta se faz em uma grande caldeira de cobre, engastada em forno próprio, e de fundo oval, para melhor colher-se os sais que se precipitam no decurso da mesma evaporação”), que envolvia a evaporação controlada da água (solvente), levando à precipitação fracionada, por diferença de solubilidade, de outros sais que não o nitrato de potássio. Contudo, salienta uma nova possibilidade, pensada após esta revolução química, que consistiria na dissolução inicial dos sais em água fria, o que levaria, devido aos então compreendidos efeitos diferenciais da temperatura na solubilidade dos sais, a uma precipitação do próprio nitrato de potássio (“Funda-se a teoria deste método em que a água fria, sem dissolver consideravelmente o salitre, dissolve o muriato de soda, os sais terrosos, como mais deliquescentes, e o princípio colorante”).

Nesse sentido, destaca-se a influência da Revolução Química dos séculos XVIII e XIX nas mais diversas atividades científicas, tanto laboratoriais quanto de campo, principalmente no que diz respeito ao surgimento e emprego de métodos de produção novos e alternativos, manipulação e aplicação destas substâncias. Origina-se, então, um novo período de possibilidades químicas, em que a natureza única e estanque das metodologias científicas é colocada em xeque pelo aparecimento de outras ideias, teorias, práticas e técnicas.

Por fim, este trecho pode ser empregado pelo professor, ainda, como forma de introduzir o tema das separações de misturas, aplicando-o a contexto real do processo de exploração de produtos naturais. Aqui, cabe a discussão sobre as diferentes formas de realizar estas separações, com especial destaque à dissolução fracionada (também conhecida como lixiviação), uma das mais importantes técnicas clássicas empregadas atualmente em laboratórios, abarcando também assuntos como grau de solubilidade, interações químicas, evaporação, rendimento, etc.

No artigo sobre o salitre publicado em 1855 na revista o Auxiliador da Indústria Nacional, há também o destaque a esse processo de lixiviação, ainda que de forma específica sobre a técnica de dissolução empregando água aquecida, tão importante para a exploração mineral àquela época, como visto no trecho 22, a seguir.

Trecho 22

Depois destas operações principia a lixiviação. O salitreiro deve, sobretudo tratar de efetuar a extração dos sais ácido-nítricos com a menor porção de água possível, porque a evaporação da água supérflua só causaria um gasto inútil de combustível. (...)

Por meio deste procedimento só se obtém barrela de sal forte, e própria para ser cozida, que em termo técnico se chama “barrela bruta”. Contém ela naturalmente não só salitre, mas sim todas as substâncias da terra nitrosa solúveis na água em geral; nomeadamente cal, magnésia e amoníaco ácido-nítricos, assim como clorureto de potassa, de cal, de soda e magnésia¹⁰⁷, amoníaco, ácido-carbônico e matéria extrativa parda. (...)

A cozedura e evaporação da barrela até o ponto de cristalização tem, por fim, a muito particular separação de uma parte dos sais, causando impuridades. Portanto, para poder compreender o procedimento que tem lugar, é preciso tomar em consideração a diferente solubilidade dos sais existentes na barrela. 100 partes de água dissolvem como se sabe:

	Salitre.	Chlorureto de potassa.	Sal ordinario.
com 0° Cels.	7 $\frac{1}{2}$ partes	29 $\frac{1}{3}$ partes	37 partes
» 28°	» 29	» 34	» 37
» 45°	» 74 $\frac{1}{2}$	» 41 $\frac{1}{2}$	» 37
» 97°	» 236	» 56	» 37
» 100°	» 400	» 57	» 37

Desta tabela resulta, que a solubilidade do salitre em água sobe de modo espantoso com o aumento de calor, ao mesmo tempo em que só cresce pouco com o clorureto de potassa, ficando até mesmo igual como sal ordinário. Resulta, além disso, que o salitre é mais difícil de dissolver em água fria do que os dois outros sais, mostrando pelo contrário uma muito maior solubilidade na temperatura de 45.° Na evaporação da água durante o ferver, o salitre por consequência sendo evaporado até certo grau, achar-se-á ainda em estado dissolvido, ao mesmo tempo que o clorureto de potassa e de soda, por falta de água suficiente para a solução, já começam a separar e

¹⁰⁷ Atualmente, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de sódio e cloreto de magnésio, respectivamente.

cristalizar-se. (O SALITRE, 1855, p. 233-236).

Nesse trecho, o autor chama a atenção, assim como no trabalho anterior de Vieira Couto, para a técnica de dissolução dos sais solúveis em água presentes no solo (lixiviação), a fim de separá-los dos materiais insolúveis ali presentes. Posteriormente, o trabalho consistiria na “cozedura e evaporação da barrela até o ponto de cristalização”, ou seja, na evaporação dessa água até que os sais começassem a precipitar. Destaca-se aqui a interessante relação que se estabelece entre este processo de precipitação fracionada¹⁰⁸ e a variação, com relação à temperatura, do grau de solubilidade de importantes sais ali presentes: nitrato de potássio – salitre; chlorureto de potassa – cloreto de potássio; sal ordinário – cloreto de sódio (“Portanto, para poder compreender o procedimento que tem lugar, é preciso tomar em consideração a diferente solubilidade dos sais existentes na barrela”).

Fica evidente, uma vez mais, o impacto da então recente Revolução Química nas práticas químicas do período, principalmente pela adoção de um referencial de caráter quantitativo (apresentado aqui sob a forma de uma tabela de graus de solubilidade) nas tomadas de decisões e justificativas de escolhas de metodologias experimentais. A partir destes dados (de forte explicação experimental e macroscópica), o autor chega a conclusões cruciais sobre o comportamento, em termos de solubilização (portanto, aspectos submicroscópicos, principalmente estruturais-composicionais), dos sais a serem purificados pelo então tradicional método de evaporação da água de cozida (“Desta tabela resulta, que a solubilidade do salitre em água sobe de modo espantoso com o aumento de calor, ao mesmo tempo que só cresce pouco com o clorureto de potassa, ficando até mesmo igual como sal ordinário”).

Percebe-se um claro impacto desse novo modo de pensar e realizar a Química do período nas atividades técnicas e de exploração natural, inclusive em nosso país. Destaca-se, por fim, que este vínculo entre as práticas químicas e dados e análises quantitativos permanece muito atual e relevante para sua praxe moderna e pode orientar discussões sobre a importância da Matemática nas Ciências Naturais

¹⁰⁸ Cujo princípio consiste no fato de que cada sal irá precipitar em um momento diferente do processo de evaporação.

(empregando, por exemplo, a noção de grau de solubilidade e sua influência nas técnicas de separação), principalmente após as diversas revoluções dos séculos XVIII e XIX.

Uma vez separado e purificado, uma análise sobre a qualidade do salitre deveria ser realizada, essencialmente a fim de atestar sua possibilidade de uso da constituição da pólvora. Alpoim destaca, no trecho 23, a seguir, esta análise experimental.

Trecho 23

Como se conhece a bondade do salitre?

Para o salitre ser bom, será branco, claro, duro cristalino, e transparente, bem espumado, e clarificado, bem purificado do óleo, e do sal fixo¹⁰⁹: o salitre que estiver muito tempo exposto ao Norte é melhor que outro qualquer; porque este vento o desseca e o purifica do óleo.

Para se conhecer melhor a sua bondade, poremos um pouco em pó, sobre uma tábua, e lhe daremos fogo; se queimando-se, espirrar, é sinal que tem muito sal; e não levantando flama, se vir ferver, é sinal de ter ainda muito óleo; e se depois de queimado deixar escória, tem ainda muita matéria terrestre.

Porém, se queimando-se o salitre; levantar flama com velocidade, e deixar só uma codea¹¹⁰ branca, que provém do sal fixo, é evidente sinal, que está bem purificado, não só do óleo, mas ainda do sal, que lhe impede a sua atividade.

O salitre purificado serve para massas ardentes debaixo da água, e incendiárias, que ardem com violência; o salitre bruto, e por refinar, serve para os fogos lentos e que retardam o fogo. (ALPOIM, 1748, p. 314).

O trecho 23 trata de uma ilustração acerca da importância das técnicas de análises e classificação de substâncias para as ciências químicas. Ao dedicar parte de

¹⁰⁹ Termo relacionado aos conhecimentos alquímicos; é correspondente a sais que não são voláteis, derivados das cinzas da combustão de plantas. Neste sentido, o sal fixo seria o que resta do sal vegetal quando este perde seu espírito (ou flogisto, segundo Stahl). Aqui, o autor provavelmente se refere ao carbonato de potássio (conhecido também como potassa ou cinzas).

¹¹⁰ Casca, película.

seu tratado sobre a pólvora apenas à descrição destas práticas de identificação da qualidade do salitre (“bondade do salitre”), o autor destaca claramente a relevância do controle sobre as características macroscópicas (“Para o salitre ser bom, será branco, claro, duro cristalino, e transparente, bem espumado, e clarificado...”) e também reacionais (“para se conhecer melhor a sua bondade, poremos um pouco em pó, sobre uma tábua, e lhe daremos fogo; se queimando-se, espirrar, é sinal que tem muito sal”) das substâncias manipuladas (naturais e artificiais).

Nesse sentido, esse texto mostra-se significativo para a compreensão do papel que os testes de controle de qualidade e de pureza dos materiais representam dentro de toda a atividade química (“O salitre purificado serve para massas ardentes debaixo da água, e incendiárias, que ardem com violência; o salitre bruto, e por refinar, serve para os fogos lentos e que retardam o fogo”): não basta apenas o estudo de modelos e teorias, a observação e entendimento dos fenômenos naturais, nem sua reprodução em laboratórios ou a elucidação de mecanismos de síntese de novas substâncias. A Química permanece ainda como uma Ciência muito pautada em processos de separação e purificação de substâncias, tendência esta iniciada antes mesmo de sua existência oficial como tal, ou seja, com as práticas alquímicas.

Por fim, ainda no trabalho de Alpoim, encontramos discussões sobre a aplicação desse salitre purificado como constituinte da pólvora, material então de extrema relevância para a soberania nacional. O trecho 24, a seguir, traz informações sobre a pólvora, sua composição e caracterização.

Trecho 24

Que é pólvora?

É uma composição de salitre, enxofre, e carvão.

Como se faz?

Desta forma: a melhor dose que se tem achado, para a composição da pólvora, é 76 1/2 partes de salitre refinado; 12 1/2 de enxofre; e 12 1/2 de carvão esforçadas.

Como se conhece a bondade e defeitos da pólvora?

(...) Pelo fogo, pondo-a sobre um papel branco, se o tomar toda junta, e de repente levantando fumo, como uma coroa, sem deixar negruras, nem faíscas, que

queimem o papel, é boa pólvora: quando a pólvora é boa e bem seca, se pode fazer esta prova na palma da mão, sem que a queime. A pólvora ruim faz tudo pelo contrário: as pólvoras medianas, são as que queimam menos papel; e a que o enegrece, e não queima, é melhor que as que o queimam.

Diferentes cores de pólvora

Suposto se pode fazer pólvora de todas as cores; contudo as mais usuais são branca, vermelha, amarela, verde e azul. (...)

Ponha-se a ferver, em água ardente com verdete¹¹¹, x de madeira branca podre, e depois de ter bem fervido, e embebido o verdete, se tira, seca, e faz um pó, que se mistura com x de enxofre e 10x de salitre, e se faça a pólvora. (ALPOIM, 1748, p. 321-322).

Neste trecho, Alpoim apresenta, inicialmente, a composição da pólvora, importante artefato para a defesa territorial e produzida a partir de uma proporção razoavelmente definida entre salitre, enxofre e carvão. Cabe aqui chamar atenção para os aspectos quantitativos que emprega na sua descrição acerca desse material, destacando-se o caráter de roteiro experimental de seu texto (ou seja, de apresentação de descrições de técnicas e metodologias a serem aplicadas em atividades químicas práticas). Do ponto de vista do Ensino de Química e da própria História Química, vale a pena salientar o papel das proporções matemáticas e das unidades de medida empregadas, tanto atualmente quanto naquela época de intensa reformulação, no trabalho experimental voltado à produção de misturas e reações químicas (“a melhor dose que se tem achado, para a composição da pólvora, é 76 1/2 partes de salitre refinado; 12 1/2 de enxofre; e 12 1/2 de carvão esforçadas”).

Destaca-se novamente a preocupação do autor com a qualidade (“bondade”) dos materiais produzidos, devido à qual se dedica mais uma vez à descrição de testes analíticos a serem empregados para a avaliação da qualidade da pólvora a ser utilizada (“Pelo fogo, pondo-a sobre um papel branco, se o tomar toda junta, e de repente levantando fumo, como uma coroa, sem deixar negruras, nem faíscas, que queimem o papel, é boa pólvora”). Alpoim apresenta ainda uma discussão acerca dos diferentes

¹¹¹ Atualmente, acetato de cobre.

tipos de combustão que a pólvora pode sofrer, ilustrando observações visuais a seu respeito, como: “levantando fumo, como uma coroa, sem deixar negruras, nem faíscas, que queimem o papel, é boa pólvora” (combustão completa); “as pólvoras medianas, são as que queimam menos papel; e a que o enegrece, e não queima, é melhor que as que o queimam” (combustão incompleta, em ambos os casos). Há, portanto, o potencial para o trabalho a respeito das reações de combustão, seus diferentes tipos, importância e aplicações na sociedade atual.

Por fim, o trecho 24 trata ainda, ao discutir a produção de pólvoras com diferentes cores (no caso, que gerariam fumaças de diferentes cores), de um assunto altamente moderno dentro dos modelos físico-químicos de composição da matéria: emissão de radiação visível (cores) por elementos metálicos. No caso deste trecho, Alpoim descreve o modo de preparo da pólvora verde, a partir da adição de verdete, atualmente conhecido como acetato de cobre (PIVA; FILGUEIRAS, 2008).

É justamente o íon cobre presente neste composto que irá gerar uma coloração verde quando da explosão da pólvora, através de um processo de excitação eletrônica ocorrido em sua eletrosfera. É conveniente destacar, é claro, que este modelo abstrato para explicação da presença de cores nas explosões de, por exemplo, fogos de artifícios, não era conhecido por Alpoim, mas este se utilizou de conhecimentos empíricos sobre o comportamento da matéria para propor inovações à pólvora tradicional. Por fim, ainda que falar de eletrosfera e excitação eletrônica neste momento histórico seja anacrônico, vale, por parte do professor, o estímulo aos estudantes para que tentem formular suas teorias e pensamentos a fim de explicar o que fora relatado por Alpoim alguns séculos atrás.

Finalizada a apresentação dos textos históricos analisados, chamo novamente a atenção para o notável potencial interdisciplinar que o trabalho com as nitreiras possibilita dentro de uma perspectiva da HFC. Durante a busca por trechos relacionados à área de Química nos trabalhos originais daqueles que trabalharam com este tema no Brasil, foram encontradas diversas relações que hoje seriam consideradas interdisciplinares, mas que, à época, eram simplesmente partes integrantes do conhecimento completo sobre esta temática. Ao analisar os textos publicados naquele

período, notei, portanto, o quão interdisciplinares podem ser considerados os pesquisadores das nitreiras e, portanto, os trabalhos que escreveram.

Dessa forma, assim como fiz com relação à Mineração, ainda que não seja o objetivo principal desta investigação, apresento, no Apêndice B deste texto, um pequeno resumo de sugestões de abordagens interdisciplinares possíveis de serem realizadas por diferentes professores interessados, em distintas disciplinas, a partir da temática da exploração do salitre no Brasil.

Capítulo VII – Conclusões

Nas últimas décadas, um necessário repensar sobre o Ensino de Ciências contemporâneo vem sendo estimulado e almejado por diversas linhas de investigação da área de Educação e, já há algum tempo, novas propostas de trabalho e reflexão vêm surgindo de forma a contribuir com esse caminho. Os ideais de escola democrática, que visa à formação de cidadãos mais críticos acerca da sociedade científica e tecnológica que os cerca, têm passado então a fazer parte desses debates e, até mesmo, dos textos curriculares oficiais, produtos destas discussões e do trabalho dos atores envolvidos com as políticas públicas de Educação no Brasil.

Dessa forma, muitas vertentes e propostas educacionais surgem, com o objetivo comum de tornar a educação científica mais abrangente, socialmente relevante e acessível a todo um público de estudantes contemporâneos. Assim, abordagens como os pensamentos CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), Experimentalista e Interdisciplinar, bem como as TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) e as Discussões Sócio-científicas, dentre muitas outras, têm como ponto de partida o posicionamento do estudante em um papel ativo e crítico durante o processo de ensino-aprendizagem de uma determinada disciplina escolar científica.

Nesse contexto de análise crítica da área de Ensino de Ciências, um de meus objetivos com essa investigação foi realizar, inicialmente, um estudo sobre uma dessas abordagens educacionais que visam a modificar o ensino e o pensamento acerca das Ciências em nossas salas de aula: a História e a Filosofia da Ciência (HFC). Busquei, então, ao longo desse trabalho, construir uma reflexão sobre a inserção de aspectos da HFC em aulas de Ciências, com especial ênfase à disciplina de Química, principalmente porque acredito que esta é uma potencial ferramenta para a abertura e a socialização do mundo científico ao público em geral, tradicionalmente escondido por uma barreira de conteúdos, resoluções de exercícios e memorização de fórmulas e regras desconectadas de nossa realidade.

Ao longo dessa investigação, procurei apresentar diferentes argumentos a favor da introdução de aspectos da HFC em nossas aulas de Ciências, debate que vem

sendo realizado, já há algumas décadas, tanto por historiadores da Ciência quanto por pesquisadores da área de Educação (dentre os quais, destaco: COLLINS; SHAPIN, 1989; MATTHEWS, 1992; SOLBES; TRAVER, 2003; HODSON, 2008; FIGUEIRÔA, 2009; IZQUIERDO-AYMERICH, 2013). Dentre essas considerações, aquelas que mais me chamaram a atenção, e que considero de grande relevância para o Ensino de Ciências, são, a título de um breve resumo: apresentação, aos estudantes, dos processos de produção dos conhecimentos científicos (e não apenas de seus resultados finais); humanização do trabalho científico (que passa a ser visto como um empreendimento comum e laboral, assim como diversas outras profissões); introdução ao caráter instável e em constante modificação dos paradigmas, pensamentos e modelos científicos; localização histórico-social de um conhecimento científico (permitindo a compreensão da Ciência como um produto elaborado em diferentes contextos, sob diversas influências políticas, econômicas, sociais); etc.

Nesse sentido, o trabalho com a HFC em sala de aula pode permitir um maior acesso aos aspectos relacionados à Natureza da Ciência (NOS), que foi aqui associada ao processo de aprendizagem sobre a Ciência, defendido há alguns anos por inúmeros pesquisadores, dentre eles Hodson (1992), e que vem sendo justamente incorporado às discussões sobre um Ensino de Ciências mais crítico e abrangente. Nessa investigação, dentro das reflexões sobre a inserção da HFC em aulas de Química, dediquei especial atenção a essa discussão a respeito da NOS (especialmente da Natureza da Química), uma vez que acredito tratar-se de uma das maiores contribuições dos estudos histórico-filosóficos da Ciência para as salas de aulas.

Penso que essa abordagem, a partir da HFC, possibilita a análise de diferentes pontos de vista, contextos, períodos e relações históricas que, por sua vez, levam a uma maior compreensão da Ciência como parte de nossa cultura e, claro, de nossa realidade social. As diversas facetas que o contato com a Ciência em sua origem e desenvolvimento histórico pode trazer à tona são valiosas para compreensão do complexo processo de pensamento, desenvolvimento e elucidação de um conhecimento científico ou de um conjunto de práticas. Os debates, controvérsias, erros e acertos, contextos políticos, econômicos, sociais permitem aos nossos estudantes a formação de uma visão mais completa e crítica sobre a evolução da sociedade e da

Ciência ao longo de nossa História.

Ao tratar especificamente da Natureza da Química, alguns aspectos relevantes de sua natureza surgiram durante essa pesquisa, principalmente do ponto de vista de seu ensino. Acredito que seja de grande importância para a democratização do conhecimento químico a compreensão de sua forte relação com a exploração natural, com o desenvolvimento de novos produtos e de inovações tecnológicas (atingindo, atualmente, o status de Tecnociência¹¹²), bem como de sua natureza classificatória e do papel das atividades de análise e de atribuição de significados a modelos e teorias (considerando seus diferentes níveis de pensamento, a saber: submicroscópico, macroscópico e simbólico).

Portanto, nessa pesquisa, procurei ampliar essas reflexões a respeito dos aportes que a HFC pode trazer ao ensino sobre a Natureza da Química, bem como apresentar algumas contribuições próprias para essa área, com ênfase nos estudos a respeito do desenvolvimento da Química no contexto brasileiro. Para tanto, busquei investigar, a partir da metodologia de Pesquisa Histórica, como se deu a relação entre a exploração mineral em solo brasileiro (durante nosso período colonial) e a construção e o emprego de conhecimentos e práticas químicas nessas atividades. Nesse momento, meu objetivo principal foi trazer à tona, baseando-me em trabalhos seminais sobre a História da Ciência Brasileira, como esses conhecimentos e práticas afloraram em nosso território, demonstrando ainda, o grande potencial de um estudo contextualizado para a compreensão da Natureza da Química através da HFC.

É relevante destacar que a opção dessa investigação por retomar a História da exploração mineral brasileira e, principalmente, suas relações com uma Química nativa e com outra que apenas estava se tornando moderna, baseou-se, essencialmente, na ideia de que a inserção de aspectos da HFC em salas de aula, dentro de um contexto regionalizado e mais próximo a nossa História, pode tornar-se uma ferramenta

¹¹² Consideração dos contextos sociais e também tecnológicos que influenciam as atividades e o desenvolvimento de uma Ciência, como a Química ou a Biologia. Trata-se do reconhecimento de que o conhecimento científico não é apenas codificado socialmente e situado historicamente, mas também é sustentado, a curto e em longo prazo, por redes tecnológicas materiais e por novos desenvolvimentos e necessidades tecnológicas modernas (LATOUR, 1987).

promissora para aproximar os estudantes dos percursos do desenvolvimento do conhecimento científico e da própria noção de que a Ciência é, de fato, parte integrante de nossa cultura, seja do ponto de vista local ou global.

Contudo, ainda que o potencial escolar da História e a Filosofia da Ciência já tenha sido extensamente discutido e apontado, os caminhos para a implementação em sala de aula de atividades desse tipo é um ponto que ainda demanda debates e propostas concretas. Uma breve revisão da literatura, especialmente de revistas internacionais que vêm cedendo espaço à divulgação dessas experiências e sugestões didáticas (como a *Science & Education*), retornou diferentes possibilidades para a realização desse tipo de trabalho, destinadas desde às séries iniciais do Ensino Fundamental até à formação de professores no nível Superior, sendo esses trabalhos mais comumente elaborados a partir da visita a casos históricos específicos e mundialmente conhecidos (como os trabalhos de Newton ou Galileu, as controvérsias ao redor da Teoria da Evolução de Darwin, a descoberta da radioatividade, etc.) ou da reconstrução de experimentos históricos.

Nesse contexto de maior demanda por atividades de inserção da HFC em salas de aula, optei aqui por uma abordagem um pouco diferente com relação a essas propostas mais comuns da literatura: estabeleci, como um de meus objetivos, a análise das potencialidades, para o ensino sobre NOS, da leitura de textos históricos produzidos no contexto da exploração mineral colonial brasileira, almejando justamente a aproximação da já conhecida Química “global” de pensamentos mais locais e contextualizados. Como alguns dos resultados obtidos com esse trabalho, destaco a presença de inúmeros aspectos relevantes da Natureza da Ciência em geral e, mais especificamente da Química, em vários textos e memórias analisados. Uma vez que grande parte dos autores aqui lidos (como José Vieira Couto, José de Sá Bittencourt Accioly, Alexandre Rodrigues Ferreira, etc.) se formou e trabalhou em um período de transição das tradições alquímicas para a Química moderna, é muito interessante notar a forma como diferentes características dessa Ciência aparecem claramente em seus textos acerca da exploração mineral no Brasil. Nessas obras, foram encontradas, por exemplo, discussões a respeito de: diferentes teorias e modelos explicativos para a formação dos materiais minerais, relevância da classificação e da padronização para o

trabalho químico, exploração natural e síntese de produtos com fins comerciais, investimentos financeiros em novos produtos e técnicas extrativas, descrição de procedimentos e falhas experimentais, etc.

Destacaram-se ainda, ao longo destas leituras, importantes diferenças temporais e de contexto de produção destes textos históricos. Como o período de análise aqui selecionado compreendeu cerca de cem anos da História do Brasil colonial (de 1748 a 1855), a evolução que as práticas e os conhecimentos químicos foram experimentando, no Brasil e no mundo, durante esses anos, é patente ao se compararem estes trabalhos. Textos como o de Joseph Barbosa de Sá (de 1769) apresentam ainda reflexos do pensamento alquímico mágico, enquanto trabalhos como os de José Vieira Couto e de José de Sá Bittencourt Accioly (já na virada do século XVIII para o século XIX) mostram-se marcadamente ligados aos novos modelos e pensamentos químicos oriundos da nova Química europeia. Neste sentido, a leitura destes diferentes materiais permite um acompanhamento (praticamente em tempo real) da própria História da Química daquele período, possibilitando ainda uma compreensão maior das variadas influências e forças que estão conectadas à construção e evolução de uma Ciência.

Outrossim, a comparação entre estes trabalhos permitiu ainda maior reflexão sobre os atores envolvidos na produção e aplicação dos conhecimentos químico e técnico naquele momento histórico. Enquanto grande parte dos autores aqui analisados possuía uma formação essencialmente naturalista (que se refletia em seus textos de forma muito clara, com a construção de narrativas e memórias sobre o mundo natural, bem como com aportes de modelos e teorias científicas para explicações a respeito deste mundo), alguns deixaram patentes em seus textos as influências de outros tipos de formação profissional. São os casos de Joseph Fernandes Pinto Alpoim, cuja formação em Engenharia confere aos seus escritos um caráter mais prático e aplicado da Química, sem tanta importância atribuída a modelos teóricos de explicação da matéria; e de João Manso Pereira, que, por ser autodidata, incorpora em seus trabalhos os conhecimentos técnico-químicos de forma mais livre e hibridizada com outras vertentes de pensamento.

A leitura desse material histórico constitui, portanto, uma grande fonte de conhecimentos, impressões e possibilidades de interpretação da atividade e do

conhecimento químico, permitindo o acesso a um tipo de narrativa do mundo científico que pouco é encontrado nos trabalhos científicos atuais. Nesse último caso, o emprego de uma linguagem mais específica e fechada acaba por nos transmitir, muitas vezes, exatamente a indesejada ideia (do ponto de vista de um ensino mais abrangente e democrático de Ciências) de tarefa acabada e de uma produção objetiva, linear e neutra de um determinado conhecimento (ALMEIDA, 2004).

Como apontado ao longo dessa investigação, o contato direto dos alunos com trabalhos histórico-científicos, sem a intermediação de livros didáticos ou textos paradidáticos (que apenas recontam uma história, a partir de um recorte que, em geral, privilegia os resultados e não os processos e embates da Ciência), pode lhes permitir uma apreciação mais próxima do desenvolvimento científico, possibilitando ainda uma posição de interpretação individual e aberta do que ali está escrito. A opção, pela maioria dos autores históricos, pela escrita científica na forma de narrativa (principalmente de diários de bordo e memórias), viabiliza ainda o acesso a uma linguagem mais humanizada (ainda que estejamos falando de uma língua portuguesa de outro período histórico) e a um processo de reconstrução do conhecimento que está sendo ali empregado, discutido e narrado.

Dessa forma, ao longo das leituras e análises que realizei dos textos históricos aqui apresentados, observei interessantes caminhos para sua aplicação com estudantes (sempre, é claro, mediada pelo professor), em uma aula de Química preocupada, principalmente, com a compreensão de sua Natureza e de seus diversos tipos e níveis de conhecimento. Nesse percurso, a leitura direta dessas fontes históricas pode colocar os alunos, por fim, em um papel ativo no processo de reconstrução, interpretação e manipulação do conhecimento histórico, desenvolvendo habilidades de leitura, pensamento crítico, generalizações e contextualizações acerca do mundo científico e da Ciência em si.

Entretanto, parte dessa discussão a respeito da inserção da HFC, seja através de fontes históricas primárias, seja a partir de outros tipos de atividades, deve, obrigatoriamente, passar pela reflexão acerca da formação de professores. Ainda que não tenha sido objetivo principal dessa investigação, não posso deixar de salientar, assim como muitos outros autores antes de mim o fizeram (como PAIXÃO;

CACHAPUZ, 2003; FIGUEIRÔA, 2009; CHINELLI et. al., 2010; FERNÁNDEZ et. al., 2010; ZANOTELLO, 2011; GARCÍA-MARTÍNEZ; IZQUIERDO-AYMERICH, 2014), o papel imprescindível que a HFC devem possuir nos cursos de formação de professores de Ciências. Nesse sentido, a introdução da HFC nesses cursos permite a formação de professores mais conscientes da disciplina que lecionam, não apenas por entenderem mais profundamente a origem e o desenvolvimento de certos conhecimentos-chaves de suas respectivas áreas (os chamados conteúdos), mas também por compreenderem esse saber científico como social e historicamente construído e negociado, e não como um produto pronto e fechado, tal qual comumente nos é apresentado nas disciplinas técnicas dos cursos de formação em Ciências (como Química, Física, Biologia, Geociências, Matemática, etc.). Assim, de forma muito significativa, as imagens e atitudes com relação à Ciência que apresentaremos a nossos estudantes poderão, enfim, aproximar-se daquelas visões críticas e contemporâneas que almejamos que eles mesmos construam em nossas aulas (PAIXÃO; CACHAPUZ, 2003; LEVINSON, 2010).

Contudo, disciplinas que agregam conceitos e também debates ao redor da História e também da Filosofia da Ciência são ainda poucas ou inexistentes em muitos cursos de formação de docentes das áreas científicas, como foi o caso de minha Licenciatura em Química da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Nesse contexto, de nada adianta um trabalho que, como o que apresentei aqui, visa apontar possibilidades de inserção da HFC em aulas de Ciências do nível Básico de ensino, se não há uma preocupação constante justamente com os professores que irão empregar esse tipo de atividade. Assim, chamo a atenção para que nós, professores, durante e após nossa formação, também sejamos estimulados à reflexão, ao debate e ao pensamento crítico a respeito da História e da Natureza da própria Ciência que ensinamos. Dessa forma, é imperativo que atividades e sugestões de trabalho com HFC sejam construídas e aplicadas nos cursos de Licenciatura nas áreas científicas e também de Pedagogia, visando a essa formação mais abrangente e que atribui um papel mais importante ao pensamento e à crítica do mundo científico e de suas diferentes características, relações, contextos, etc.

Destaco o potencial que as sugestões de trabalho aqui presentes podem

apresentar em um contexto de formação docente, ainda que minha investigação sobre a exploração mineral no Brasil esteja voltada inicialmente para aplicações no nível Médio de ensino. Acredito que as observações e considerações feitas ao longo dessa pesquisa a respeito da Natureza da Química e de seus níveis de conhecimento, em um contexto histórico-brasileiro, bem como de sua constituição história e filosófica como Ciência moderna ao longo dos séculos XVIII e XIX, mostram-se de grande valor para a formação de professores de Química. Pessoalmente, como docente dessa área, considero que o caminho que trilhei ao longo dessa investigação contribuiu grandemente para minha formação não apenas como pesquisadora acadêmica, mas também para minhas aulas regulares de Química. O conhecimento a respeito dessa Ciência que leciono, tanto a partir das revisões históricas que aqui realizei, quanto das inquietações e contemplos a respeito de como ela opera no mundo científico como ciência investigava (ou seja, o contato direto com sua História e Filosofia), apresentaram-me um novo mundo, uma nova Química, com a qual praticamente não tive contato crítico durante minha formação (seja como Bacharel, seja como Licenciada).

Contudo, acredito ser importante salientar ainda que esse acesso do professor à História e à Filosofia da Ciência que leciona não precisa, necessariamente, estar vinculado a sua formação inicial como docente ou preso a um curso formal, no qual pesquisadores da academia sejam os únicos responsáveis pela divulgação desses conhecimentos. Nesse contexto de emprego da HFC em nossas salas de aulas por parte dos professores, relembro o importante papel das fontes históricas para o contato mais próximo e direto com a História do desenvolvimento científico de nossa área de ensino e, assim, destaco a possibilidade de que os docentes busquem e acessem esses trabalhos históricos, elaborando suas próprias atividades didáticas, adaptando-as ao seu contexto escolar, objetivos de ensino, tipos e níveis das turmas, etc.

Ao longo desse trabalho, busquei apresentar quais caminhos trilhei para realizar a Pesquisa Histórica dos textos primários produzidos no contexto da exploração mineral no Brasil colonial. Essa narrativa foi construída não apenas devido a uma exigência metodológica, mas também porque esperava contribuir para a divulgação, aos professores, dos percursos e possibilidades de investigação inerentes a uma busca

histórica por fontes originais da Ciência. Portanto, espero não somente divulgar os conhecimentos e aspectos da Natureza da Química presentes nos trabalhos brasileiros com relação à exploração mineral, mas também estimular, por parte dos professores de Ciências, a elaboração de suas próprias pesquisas históricas. Acredito que um professor ativo, reflexivo, que busca aprimorar seus saberes e que está munido de boas fontes, principalmente sobre a História dos conhecimentos que ensina, pode sim descobrir novas ideias e elaborar suas próprias aulas incorporando a HFC.

Dentre as minhas principais impressões durante esse trabalho ativo com a HFC, destaco a facilidade de acesso às fontes primárias como a maior contribuição para a construção de uma reflexão, dentro do pensamento da HFC, acerca da natureza das atividades químicas brasileiras no período investigado, principalmente do ponto de vista de uma professora de Química sem nenhuma formação prévia em Historiografia. Acredito que os atuais movimentos de digitalização e publicação dessas fontes históricas primárias em plataformas de consulta online (como o *GoogleBooks*) e em bancos de dados digitais de importantes acervos (como os da Biblioteca Nacional e do Arquivo Público Mineiro) tem muito a contribuir para a democratização do acesso à História da Ciência, principalmente de nosso país, antigamente tão enfraquecida pela Historiografia tradicional.

Não posso deixar de mencionar ainda como essa investigação permitiu-me o contato, principalmente após o acesso a essas fontes históricas originais, com toda uma História da Química brasileira que pouco ou nada conhecia. Importantes observações acerca da presença, da construção e da aplicação de conhecimentos químicos ao longo do período colonial brasileiro emergiram dos mais variados textos históricos dessa época, destacando como os pesquisadores e trabalhadores envolvidos com nossa exploração mineral elaboravam suas explicações e práticas de forma híbrida, englobando saberes nativos e também aqueles de origem europeia (por influência da condição do Brasil como colônia de Portugal, como foi aqui discutido), relacionados à Revolução Química.

Nesse cenário, destaca-se o trabalho com importantes teorias e modelos de explicação da matéria, buscando explanar observações e ensaios realizados no contexto da exploração de diferentes tipos de materiais minerais, em amplo debate

durante os séculos XVIII e XIX, como: a Química Pneumática e a teoria do calórico; os trabalhos de padronização e classificação de substâncias, realizados por Lavoisier e seus contemporâneos; as modernas noções acerca das transformações químicas, dos elementos e dos materiais inorgânicos; etc. Há ainda, como resultado dessa hibridização de conhecimentos europeus com as práticas e observações locais, a aplicação de técnicas extrativas adaptadas a nossa realidade geológica e mineral, como a própria produção de salitre artificial.

Como professora de Química, destaco o impacto que as buscas e reflexões que realizei tiveram em minha própria formação profissional, uma vez que o conhecimento a respeito da Química aqui desenvolvida e aplicada me fez deixar de ver essa Ciência como apenas um conjunto de conhecimentos essencialmente europeus, e percebê-la como um produto de diferentes contextos, contribuições e relações históricas. Espero, então, que esse trabalho possa motivar outros docentes, dentro de suas disciplinas ou ainda devido a uma curiosidade pessoal, a buscarem conhecer as Ciências praticadas em seus contextos mais regionais, possibilitando, assim, a construção de uma visão do mundo científico como mais próximo de nossa realidade, não apenas como cidadãos do mundo (conhecimento global), mas também como brasileiros, paulistas, campineiros, etc., ou seja, conscientes de nosso conhecimento local.

Finalmente, após as diversas reflexões e considerações aqui levantadas, retomo o principal objetivo estabelecido para essa investigação, relacionado essencialmente à questão de pesquisa colocada no início desse trabalho: qual a contribuição das fontes históricas primárias relacionadas à exploração mineral colonial brasileira para a compreensão histórica, social e contextualizada, em aulas de nível Médio, de aspectos da Natureza da Química, de sua História e de seus saberes?

Primeiramente, saliento o substancial retorno que a Pesquisa Histórica aqui realizada proporcionou a essa investigação. Inúmeros foram os trabalhos encontrados, em diferentes acervos, que empregam e descrevem importantes conhecimentos e práticas químicas, demonstrando uma significativa inserção dessa Ciência no Brasil, principalmente a partir do século XVIII¹¹³. Nesse sentido, chama a atenção o fato de

¹¹³ Aproveito para salientar que nem todas as fontes históricas consultadas ao longo de minha investigação foram apresentadas nesse trabalho, tanto devido a algumas escolhas de linhas de

poucas pesquisas nacionais terem se dedicado, nas últimas décadas, a uma análise mais específica a respeito dessa Química brasileira mais antiga, ainda de nosso período colonial (destaco os trabalhos seminais de FERRAZ, 1995b; 2000; FILGUEIRAS, 1993; 2010), dado que essas fontes históricas mostram um terreno muito fértil para um aprofundamento ainda maior do que sabemos sobre a nossa Química local. Ainda que uma análise essencialmente historiográfica não tenha sido o objetivo central desse trabalho, cujo viés educacional me levou a optar por algumas linhas de discussão mais específicas ao tratar dessas fontes, espero ter contribuído, através dos capítulos IV, V e VI, com a apresentação e ainda uma breve tentativa de elucidação desse contexto produtivo e dinâmico da Química no Brasil colonial, principalmente no que diz respeito às atividades de exploração e análise de produtos naturais.

Foi justamente a partir desse cenário dinâmico e produtivo das atividades químicas desenvolvidas em nosso período colonial, que acredito ter conseguido traçar um panorama dos principais aspectos da Natureza da Química e de seus principais níveis de conhecimento. Como já discutido, a leitura e trabalho com as fontes históricas originais aqui estudadas permitiu-me diversas e interessantes observações da presença de características típicas do trabalho e do mundo que circunda essa Ciência, como as relações submicroscópicas que estabelece com a matéria visível, suas peculiaridades com relação ao trabalho experimental, a importância do simbolismo, da classificação e da padronização de atividades, sua intrínseca relação, simultaneamente, com a natureza e com a sociedade (em termos políticos, econômicos, etc.), dentre muitos outros aspectos.

Destaco ainda a importância da observação da Química a partir de um novo ponto de vista, no qual podemos ser mais ativos e críticos com relação aos caminhos e produtos da Ciência, buscando o almejado ensino mais democrático e condizente com a realidade do trabalho e do pensamento científico. Através da leitura desses textos históricos, a Química pôde ser observada, em oposição ao que se ensina em aulas tradicionais desta disciplina, como uma Ciência permeada por influências externas a si (como contextos sociais, políticos e econômicos) e, ao mesmo tempo, rica de heranças

argumentação, como também em virtude de sua acessibilidade de linguagem e/ou retórica, respeitando meu foco original no trabalho escolar, como já discutido anteriormente.

históricas e culturais, dentro da área de História Natural, bem como em práticas experimentais, objetos de estudos, modelos e conhecimentos (que vêm se adaptando ao longo de sua existência).

Nesse sentido, apesar do potencial percebido através dessa investigação, acredito, assim como outros pesquisadores (McCOMAS, 2008; TALANQUER, 2013; ALLCHIN, 2014; HODSON, 2014) ser necessário estabelecer um trabalho mais contínuo e concreto em relação à inserção da História e da Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências, especialmente em relação à criação de propostas e sugestões de aplicação aos nossos professores. Dado que a Ciência é um produto de nossa cultura, remontando aos mais diversos períodos históricos e contextos sociais, temas e fontes para trabalhos diferentes (inovadores e também preocupados com contextos locais) não nos faltam. Desenvolver esse tipo de atividades é, sem dúvidas, uma tarefa complexa, que requer grande planejamento e esforço, mas que vem apresentado notáveis contribuições para a consolidação de um ensino mais crítico e democrático das disciplinas científicas.

BIBLIOGRAFIA

FONTES HISTÓRICAS MANUSCRITAS E IMPRESSAS

ACCIOLY, J. S. B. Memoria sobre a viagem do terreno nitroso dos Montes-Altos em 1799. **O Auxiliador da Indústria Nacional**. Rio de Janeiro, v. 3-4, p. 85-114, 1845.

ALPOIM, J. F. P. **Exame de Bombeiros**. Madrid: Oficina de Francisco Martinez Abad, 1748.

CÂMARA, M. F. Observações físico-econômicas acerca da extração do ouro das minas do Brasil (1789). In: MENDONÇA, M. C. **O Intendente Câmara**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1958.

COUTO, J. V. Sobre as salitreiras naturaes de Monte Rorigo: maneira de as auxiliar por meio das artificiaes; refinaria do nitrato de potassa, ou salitre. **O Auxiliador da Indústria Nacional**. Rio de Janeiro, v. 9, p. 390-425, 1840 [1803].

_____. Memoria sobre a capitania de Minas Geraes. **Revista do IHGB**, tomo 11, 1848 [1799].

_____. Memoria sobre as minas da capitania de Minas Geraes. **Revista do Arquivo Público Mineiro**, ano 10, 1905 [1801].

FEIJÓ, J. S. Discurso político sobre as minas de ouro do Brasil [1797]. In: SILVA, C. P.; LOPES, M. M. O ouro sob as Luzes: a 'arte' de minerar no discurso do naturalista João da Silva Feijó (1760-1824). **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 11, n. 3, p. 731-50, 2004.

_____. Memória sobre a capitania do Ceará. **O Patriota**, tomo 3, n. 1, 1814.

FERREIRA, A. R. Prospecto Filosófico e Político da Serra de São Vicente [1790]. In: SOARES, J. P. M.; FERRÃO, C. **Viagem ao Brasil - v. III**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2007.

LEME, A. P. S. P. Memória sobre a utilidade pública em se extrair ouro das minas e os motivos dos poucos interesses que fazem os particulares, que minerão igualmente no Brasil (ca. 1800-1805). **Revista do Arquivo Público Mineiro**, Belo Horizonte, v. 1, 1896.

O SALITRE. **O Auxiliador da Indústria Nacional**. Rio de Janeiro, v. 4, p. 227-239, 1855.

PEREIRA, J. M. **Copia de huma carta sobre a nitreira artificial estabelecida na Villa de Santos, da Capitania de S. Paulo**. Publicada por Frei J. M. da C. Velloso, Lisboa, 1800.

_____. De alguns fenômenos que se apresentaram intentando-se a análise do mineral descoberto pelas diligências do Ilmo. Sr. Conde vice-rei (1800). **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, a. 163, n. 416, 2002.

REVISTA DO ARQUIVO PÚBLICO MINEIRO. O Dr. José Álvares Maciel. **Revista do Arquivo Público Mineiro**, v. 14, n. 3-4, p. 469-474, 1909.

SÁ, J. B. Dialogos geograficos, choronologicos, polliticos e naturais escriptos [1769]. In: GUIMARÃES, M. G. A. **A América Portuguesa vista de Mato Grosso: Os Diálogos de José Barbosa de Sá (2a metade do século XVIII)**. Dissertação (Mestrado em História Ibero-Americana). Departamento de História. Universidade Portucalense, 2013.

SILVA, J. B. A. S.; ANDRADA, M. F. R. **Viagem mineralógica na provincia de São Paulo**, 1820.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIQUIM (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA). **A indústria química brasileira**, 2014. Disponível em:
<http://www.abiquim.org.br/pdf/indQuimica/AIndustriaQuimica-SobreSetor.pdf>
Acesso em: 18/10/2014
- ADAMS, F. D. **The Birth and Development of the Geological Sciences**. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1938.
- ÁGOSTON, G. **Guns for the Sultan/Military Power and Weapons Industry in the Ottoman Empire**. New York: Cambridge University Press, 2009.
- ALENCASTRO, L. F. **O trato dos viventes: Formação do Brasil no Atlântico Sul**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. Science Studies And Science Education. **Atas do 8th ICHSSE - Maresias, Brazil**, 2011.
- _____. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1911-1932, 2014.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; RICON, A. E. Divulgação Científica e texto literário - uma perspectiva cultural em aulas de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 1. p. 7-13, 1993.
- ALMEIDA, M. J. P. M. **Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis**. Campinas: Mercado das Letras, 2004.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; MOZENA, E. R. Luz e Outras Formas de Radiação Eletromagnética: Leituras na 8ª Série do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 426-433, 2000.
- ALVAREZ-LIRE, M.; CORREA, A. A.; RODRIGUES, U. P.; MARZOA, J. F. S. La Historia de las ciencias en el desarrollo de competencias científicas. **Enseñanza de las**

Ciencias, v. 31, n. 1, p. 213-233, 2013.

ANTONIL, A. J. **Cultura e opulência do Brasil**, 2ª ed. São Paulo: Melhoramentos, 1976.

ARBOLEDA, L. C. Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada. **Quipu**, v. 4, n. 1, p. 7-32, 1987.

ARÓSTEGUI, J. **A Pesquisa Histórica: teoria e método**. Bauru, SP: Edusc, 2006.

BARNETT, J. H.; LODDER, J.; PENGELLEY, D. The Pedagogy of Primary Historical Sources in Mathematics: Classroom Practice Meets Theoretical Frameworks. **Science & Education**, v. 23, n.1, p. 7-27, 2014.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

BITTENCOURT, C. M. F. **Ensino de História: fundamentos e métodos**. São Paulo: Ed. Cortez, 2011.

BOAS, A. V. **A natureza da ciência no ensino de ciências conforme artigos publicados em periódicos nacionais e o seu ensino por meio de narrativas históricas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, 2012.

BORREGO, M. J.; GARCÍA, R.; GUEDE, B.; MENÉNDEZ, E.; PACHECO, F. La utilización de la Historia de la Ciencia para trabajar problemas relacionados con los fósiles. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 4, n. 1, p. 46-52, 1996.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. Claudio. **Breve História da ciência moderna, volume 3: Das luzes ao sonho do doutor Frankenstein**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2005.

BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S.; ROCHA, T. R.; FRIEDRICH, L. S.; NARDY, F. C. A Cana-de-Açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem

interdisciplinar. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **PCN+, Ensino Médio, Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2006.

BUCHANAN, B. J. Saltpetre: A Commodity of Empire. In: BUCHANAN, B. J. (Org.). **Gunpowder, Explosives and the State: A Technological History**. Burlington: Ashgate Pub Co, 2006.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. ; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CAMPOS, C.; CACHAPUZ, A. Imagens de Ciência em Manuais de Química Portugueses. **Química Nova na Escola**, n. 6, p. 24-29, 1997.

CANCLINI, N. G. **Culturas Híbridas: Estratégias para Entrar y Salir de la Modernidad**. México: Grijalbo, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 1989.

CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D.; PEREIRA, E. A. Biocombustível, o Mito do Combustível Limpo. **Química Nova na Escola**, v. 28, p. 9-14, 2008.

CARNEIRO, A. Elementos da História da Química do Século XVIII. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, n. 102, p. 25-31, 2006.

CARRARA JR., E.; MEIRELLES, H. **A Indústria Química e o Desenvolvimento do Brasil (1500-1844)**. São Paulo: Metalivros, 1996.

CHASSOT, A. I. Alquimiando a Química. **Química Nova na Escola**, n. 1, 1995.

_____. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, L. E. V. Epistemologia em sala de aula:

a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 75-35, 2010.

COBERN, W. W.; LOVING, C. C. Defining “science” in a multicultural world: implications for science education. **Science Education**, v. 85, n. 1, p. 50-67, 2001.

COHEN, L.; MANION, L. **Research Methods in Education**. Londres: Routledge, 1994.

COLLINS, H.; SHAPIN, S. Experiment, science teaching, and the New History and Sociology of Science. In: SHORTLAND, M.; WARRICK, A. (orgs.) **Teaching the history of science**. Oxford: British Soc. Hist. Science: Basil Blackwell, 1989.

COMPIANI, M. O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 29-45, 2007.

COSTA, A. M. A. **Primórdios da Ciência Química em Portugal**. Lisboa: Ministério da Educação, 1984.

CRAMB, A. W. **A Short History of Metals**. Department of Materials Science and Engineering, Carnegie Mellon University, 2014.

Disponível em: <http://neon.mems.cmu.edu/cramb/Processing/history.html>

Acesso em: 04/04/2014

CRESSY, D. Saltpetre, State Security, and Vexation in Early Modern England. **Past & Present**, v. 212, n.1, p. 73-111, 2011.

DANTES, M. A. Fases da implantação da ciência no Brasil. **Quipu**, v. 5, n. 2, p. 265-275, 1988.

DAVIDOWITZ, B.; CHITTLEBOROUGH, G. Linking the sub-micro and symbolic levels: Diagrams. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (orgs.). **Multiple Representations in Chemical Education**. New York: Springer, 2009.

- DEVELAKI, M. Integrating Scientific Methods and Knowledge into the Teaching of Newton's Theory of Gravitation: An Instructional Sequence for Teachers' and Students' Nature of Science Education. **Science & Education**, v. 21, n. 6, p. 853-879, 2012.
- DIAS, M. O. L. S. **A interiorização da metrópole e outros estudos**, São Paulo: Alameda, 2005.
- DOMINGUES, H. M. B. O homem, as ciências naturais e o Brasil no século XIX. **Acervo (Rio de Janeiro)**, v. 22, n.1, p. 167-178, 2009.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 9, p. 31-40, 1999.
- FAJARDO, C. F. Cibercultura y Tecnovirtualización de la Historia. **Espéculo: Revista de estudios literarios**, n. 18, 2001.
- FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro**. São Paulo: Loyola, 1993.
- FERNÁNDEZ, L. C.; QUINTANILLA, M.; BLANCAFORT, A. M. La importancia de la historia de la química en la enseñanza escolar: análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores en formación. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 277-291, 2010.
- FERRAZ, M. H. M. Domingos Vandelli e os estudos químicos em Portugal no final do século XVIII. **Química Nova**, v. 18, n. 5, p. 500-504, 1995a.
- _____. **As ciências em Portugal e no Brasil (1772-1822): o texto conflituoso da Química**. Tese (Doutorado em Comunicação e Semiótica). Programa de Estudos Pós-Graduados em Comunicação e Semiótica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1995b.

_____. A produção do salitre no Brasil Colonial. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 845-850, 2000.

_____. A fabricação de pólvora e trabalhos sobre o salitre: Portugal e Brasil de finais do século XVIII às primeiras décadas do século XIX. In: KURY, L.; GESTEIRA, H. (orgs) **Ensaio de História das Ciências no Brasil: das Luzes à nação independente**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

FIGUEIRÔA, S. F. M. **Ciência na busca do eldorado**: a institucionalização das ciências geológicas no Brasil, 1808-1907. Tese (Doutorado em História Social). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1992.

_____. Mineração no Brasil: aspectos técnicos e científicos de sua história na colônia e no império (séculos XVIII-XIX). **América Latina en la historia econômica**, n.1, janeiro-junho, 1994.

_____. **A formação das ciências geológicas no Brasil**: uma história social e institucional. São Paulo: Hucitec, 1997.

_____. Mundialização da Ciência e respostas locais: sobre a institucionalização das ciências naturais no Brasil (de fins do século XVIII à transição ao século XX). **Asclepio**, v. I, n. 2, p. 107-123, 1998.

_____. “Metales a los pies del trono”: aspectos técnicos de la minería em el Brasil colonial. In: LAFUENTE, A.; CARDOSO, A. M.; SARAIVA, T. (eds.) **Maquinismo Ibérico**. Madrid: Ediciones Doce Calles, 2007.

_____. História e Filosofia das Geociências: relevância para o ensino e formação profissional. **Terræ Didactica**, v. 5, n. 1, p. 63-71, 2009.

FIGUEIRÔA, S. F. M.; SILVA, C. P. Enlightened Mineralogists: Mining Knowledge in Colonial Brazil, 1750-1825. **Osiris**, v. 15, p. 174-189, 2000.

FIGUEIROA, S. F. M.; SILVA, C. P.; PATACA, E. M. Aspectos mineralógicos das

"Viagens Filosóficas" pelo território brasileiro na transição do século XVIII para o século XIX. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 11, n. 3, p. 713-729, 2004.

FILGUEIRAS, C. A. L. Pioneiros da Ciência no Brasil. **Ciência Hoje**, v. 8, n. 44, p. 52-58, 1988.

_____. João Manso Pereira, Químico empírico do Brasil colonial. **Química Nova**, v. 13, n. 2, p. 155-160, 1993.

_____. A História da Ciência e o objeto de seu estudo: confrontos entre a ciência periférica, a ciência central e a ciência marginal. **Química Nova**, v. 24, n. 5, p. 709-712, 2001.

_____. A Ciência e as Minas Gerais dos Setecentos. In: RESENDE, M. E. L.; VILLALTA, L. C. (orgs.). **História de Minas Gerais: As Minas Setecentistas – vol. 2**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

_____. Uma Família de Químicos Unindo Brasil e Portugal: Domingos Vandelli, José Bonifácio de Andrada e Silva e Alexandre Vandelli. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 251-256, 2009.

_____. Os primeiros passos da química brasileira. **Revista de História (Rio de Janeiro)**, v. 5, p. 68-71, 2010.

FONSECA, M. R. F. A institucionalização das práticas científicas na Corte do Rio de Janeiro. In: KURY, L.; GESTEIRA, H. (orgs.). **Ensaio de história das ciências no Brasil: das Luzes à nação independente**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

FREIRE, P. **The pedagogy of the oppressed**. New York: The Continuum International Publishing Group Inc., 2005.

GALDABINI, S.; ROSSI, O. Using historical papers in ordinary physics teaching at high school. **Science & Education**, v. 2, n. 3, p. 239-242, 1993.

GANDOLFI, H. E.; FIGUEIRÔA, S. F. M. A História da Ciência e o Ensino

Interdisciplinar: uma revisão de propostas e contribuições. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013.

GARCÍA-MARTÍNEZ, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 32, n. 1, p. 265-281, 2014.

GEERTZ, C. **The Interpretation of Cultures**. New York, Basic Books, 1993.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (orgs.). **Multiple representations in Chemical Education**. New York: Springer, 2009.

GILL, R. **Chemical fundamentals of geology**. London: Chapman & Hall, 1996.

GIROUX, H. **Border Crossings: Cultural workers and the Politics of Education**. New York: Routledge, 1992.

GOLDFARB, A. M. A.; FERRAZ, M. H. M. Algumas considerações sobre as transformações na visão de mineração e metalurgia introduzidas no século XVI. In: LOPES, M. M.; FIGUEIRÔA, S. F. M. (orgs.). **O Conhecimento Geológico na América Latina: questões de história e teoria**. Campinas: Instituto de Geociências, 1990.

GONÇALVES, A. L. As técnicas de mineração nas Minas Gerais do século XVIII. In: RESENDE, M. E. L.; VILLALTA, L. C. (orgs.). **História de Minas Gerais: As Minas Setecentistas – vol. 2**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

GONÇALVES, L. A. O.; SILVA, P. B. G. Multiculturalismo e educação: do protesto de rua a propostas e políticas. **Educação e Pesquisa**, v. 29, n. 1, p. 109-123, 2003.

GOODAY, G.; LYNCH, J. M.; WILSON, K. G.; BARSKY, C. K. Does science education need the history of science? **Isis**, v. 99, n. 2, p. 322-330, 2008.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. B. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**.

Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 224-248, 2004.

GUIMARÃES, C. M. Arqueologia da Mineração Colonial (Minas Gerais – século XVIII). In: **Anais do ANPUH – XXIII SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA**, Londrina, 2005.

GUIMARÃES, M. G. A. **A América Portuguesa vista de Mato Grosso**: Os Diálogos de José Barbosa de Sá (2ª metade do século XVIII). Dissertação (Mestrado em História Ibero-Americana). Departamento de História. Universidade Portucalense, 2013.

GRANT, C. A. **Research and Multi-Cultural Education**: From the Margins to the Mainstream. London: The Falmer Press, 1992.

HALL, S. The question of cultural identity. In: HALL, S.; HELD, D.; MCGREW, T. (eds.). **Modernity and its futures**. Cambridge: Polity Press, 1992.

HARDING, S. Is Science multicultural? Challenges, resources, opportunities, uncertainties. In: GOLDBER, D. T. (ed.). **Multiculturalism**: a critical reader. Oxford: Blackwell, 1996.

HARTMANN, H. L.; MUTMANSKY, J. M. **Introductory Mining Engineering**. 2nd ed., Hoboken, USA: John Wiley and Sons, 2002.

HOBSBAWM, E. **A Era dos Extremos**: o breve século XX: 1914-1991. 2ª edição, São Paulo: Cia das Letras, 1995.

HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. **Studies in Science Education**, v. 12, p. 25-57, 1985.

_____. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **Internation Journal of Science Education**, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.

_____. In search of a rationale for multicultural science education. **Science Education**,

v. 77, n. 6, p. 685-711, 1993.

_____. **Towards Scientific Literacy: A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science.** Rotterdam/Taipei: Sense Publishers, 2008.

_____. **Teaching and Learning about Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values.** Rotterdam/Boston/Taipei: Sense Publishers, 2009.

_____. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

HOLANDA, S. B. **A época colonial, tomo I, vol. II: administração, economia, sociedade.** História geral da civilização brasileira. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HUDSON, J. **The History of Chemistry.** New York: Chapman & Hall, 1992.

IZQUIERDO-AYMERICH, M. School Chemistry: an Historical and Philosophical Approach. **Science & Education**, v. 22, n.7, p.1633-1653, 2013.

JAHNKE, H. N.; ARCAVI, A.; BARBIN, E.; BEKKEN, O.; FURINGHETTI, F.; EL IDRISSE, A. The use of original sources in the mathematics classroom. In: FAUVEL, J; VAN MAANEN, J. (eds.). **History in mathematics education, The ICMI Study.** Dordrecht: Kluwer, 2000.

JANKVIST, U. T. History, Applications, and Philosophy in Mathematics Education: HAPh—A Use of Primary Sources. **Science & Education**, v. 22, n. 3, p. 635-656, 2013.

JENKINS, E. W. Scientific literacy. In: HUSEN, T.; POSTLETHWAITE, T. N. (Eds.). **The international encyclopedia of education**, v. 9. Oxford: Pergamon Press, p. 5345-5350, 1994.

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

379, 1982.

_____. Why is science difficult to learn? Things are seldom like they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, p. 75-83, 1991.

_____. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JORDAN, T. Temas e Esquemas: uma abordagem filosófica ao ensino interdisciplinar das ciências. In: POMBO, O.; GUIMARÃES, H.; LEVY, T. (orgs.). **Interdisciplinaridade - Antologia**. Porto: Campo das Letras, 2006.

JUSTI, R. Ensino sobre Ciências: Da falta de consenso aos novos desafios a serem enfrentados. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013.

KELLY, G. J.; CARLSEN, W. S.; CUNNINGHAM, C. M. Science Education in Sociocultural context: Perspectives from the Sociology of Science. **Science Education**, v. 77, n. 2, p. 207-220, 1993.

KLEIN, C.; DUTROW B. **Manual de Mineralogia** (tradução da 23ª ed). Porto Alegre: Bookman, 2012.

KUHN, T. R. **A estrutura das revoluções científicas**. 9ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2009.

KURY, L. Homens de ciência no Brasil: impérios coloniais e circulação de informações (1780-1810). **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v.11, sup.1, p.109-129, 2004.

KURY, L. B.; GESTEIRA, H. M. (orgs.). **Ensaio de história das ciências no Brasil: das Luzes à nação independente**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

LAFUENTE, A.; ORTEGA, M. L. Modelos de mundialización de la ciencia. **Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura**, n. 558-560, p. 93-118, 1992.

LAFUENTE, A. Bosquejos de la ciencia nacional en la América Llatina del siglo XIX.

Asclepio, v. L, n. 2, p. 5-10, 1998.

LASZLO, P. **A palavra das coisas ou a linguagem da Química**. Lisboa: Gradiva Publicações LTDA., 1995.

LATOUR, B. **Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society**. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

LAUGKSCH, R. C. Scientific Literacy: a conceptual overview. **Science Education**, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

LEDERMAN, N. G. Students and Teachers Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research, **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

_____. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, S. K. I.; LEDERMAN, N. G. (eds). **Handbook of research on science education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.

LEVINSON, R. Science education and democratic participation: an uneasy congruence? **Studies in Science Education**, v. 46, n. 1, p. 69-119, 2010.

_____. How science works: teaching controversial issues. In: TOPLIS, R. (ed). **How science works**. London: Routledge, 2011.

LINDEN, S. J. **The Alchemy Reader: From Hermes Trismegistus to Isaac Newton**. Cambridge University Press: Cambridge, 2003.

LÔBO, S. F. O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 89-100, 2007.

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao Ensino de Ciências. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 248-274, 1993.

LOPES, A. C.; MACEDO, E. **Teorias de Currículo**. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

LOPES, F. A. **Álvares Maciel no degredo de Angola**. Rio de Janeiro: Depto. Imprensa Oficial, 1958.

LOPES, M. M. **As ciências naturais e os museus no Brasil no século XIX**. Tese (Doutorado em História Social). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993.

MARQUES, A.; FERNANDES, A. **Breve História da Metalurgia (1ª Parte)**. Departamento de Engenharia de Materiais, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2014. Disponível em:
http://www.demat.ist.utl.pt/departamento/jornal/jornal1/pagina_1_3.html
Acesso em: 04/04/2014

MASCARENHAS, J. M. Portuguese overseas gunpowder factories, in particular those of Goa (India) and Rio de Janeiro (Brazil). In: BUCHANAN, B. J. (org.). **Gunpowder, Explosives and the State: A Technological History**. Burlington: Ashgate Pub Co, 2006.

MATTHEWS, M, R. History, philosophy, and science teaching: The present rapprochement. **Science & Education**, v. 1, n. 1, p. 11-47, 1992.

_____. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAXWELL, K. **Marquês de Pombal: paradoxo do Iluminismo**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

MCCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The nature of science in international science education standards documents. In: MCCOMAS, W. F. (ed.) **The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies**. Dordrecht: Kluwer, 2000.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.

- MEIJER, M. R.; BUTLE, A. M. W.; PILOT, A. Structure–Property Relations Between Macro and Micro Representations: Relevant Meso-levels in Authentic Tasks. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (orgs.). **Multiple Representations in Chemical Education**. New York: Springer, 2009.
- MENDONÇA, M. C. **O Intendente Câmara**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1958.
- MOREIRA, A. F. B. A recente produção científica sobre currículo e multiculturalismo no Brasil (1995-2000): avanços, desafios e tensões. **Revista Brasileira de Educação**, v. 18, p. 65-81, 2001.
- MORIOKA, R. M.; SILVA, R. R. A atividade de penhor e a Química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 3, p. 111-117, 2012.
- MORTIMER, E. F.; CARVALHO, A. M. P. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de Ciências. **Caderno de Pesquisas**, n. 96, p. 5-14, 1996.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A. Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-284, 2000.
- PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudanças na prática de Ensino da Química pela formação dos professores em História e Filosofia das Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 31-36, 2003.
- PAPAVERO, N.; TEIXEIRA, D. M.; FIGUEIREDO, J. L.; PUJOL-LUZ, J. R. Os capítulos sobre animais dos “diálogos geográficos, cronológicos, políticos, e naturais” (1769) de Joseph Barboza de Sáa e a primeira monografia sobre a fauna de mato grosso. **Arquivos de Zoologia**, v. 40, n. 2, p. 75-154, 2009.
- PARTINGTON, J. R. **A History of Greek Fire and Gunpowder**. New York: Cambridge University Press, 1999.
- PATACA, E. M. **Arte, Ciência e Técnica na Viagem Philosophica (1783-1792) de Alexandre Rodrigues Ferreira**: a confecção e a utilização de imagens histórico-

geográficas na capitania do Grão-Pará entre Setembro de 1783 e Outubro de 1784. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 2001.

_____. **Terra, água e ar nas viagens científicas portuguesas (1755-1808)**. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2006.

PENA, M. G.; SILVA, A. C. A digitalização de documentos históricos e a gestão eletrônica de documentos para disponibilização online. **Saber Digital: Revista Eletrônica do CESVA**, v. 1, n. 1, p. 85-102, 2008.

PENGELLEY, D. Teaching with primary historical sources: Should it go mainstream? Can it? In KATZ, V.; TZANAKIS, C. (eds.). **Recent developments on introducing a historical dimension in mathematics education**. Washington: The Mathematical Association of America, 2011.

PESSOA JR., O. Quando a abordagem histórica deve ser usada no Ensino de Ciências? **Ciência & Ensino**, n. 1, p. 4-6, 1996.

PESTRE, D. Por uma nova história social e cultural das ciências: novas definições, novos objetos, novas abordagens. **Cadernos do IG/Unicamp**, v. 6, n. 1, p. 3-56, 1996.

PIAGET, J. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

PINHEIRO, J. S.; SILVA, R. J. G. Aprendizagem de um grupo de futuros professores de Química na elaboração de conteúdos pedagógicos digitais no contexto da obrigatoriedade do ensino da Cultura e História Afro-Brasileira e Africana estabelecida pela Lei Federal 10.693/03. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 2, 2010.

PINSKY, C. B.; LUCA, T. R. (orgs.). **O historiador e suas fontes**. São Paulo: Contexto, 2009.

PIVA, T. C. C.; FILGUEIRAS, C. A. L. O fabrico e uso da pólvora no Brasil colonial: o papel de Alpoim na primeira metade do século XVIII. **Química Nova**, v. 31, n. 4, p. 930-936, 2008.

POMEROY, D. Science Education and Cultural Diversity: Mapping the field. **Studies in Science Education**, v. 24, n. 1, 49-73, 1994.

PORTO, P. A. Augusto dos Anjos: ciência e poesia. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 30-34, 2000.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel na natureza da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

RHEINBOLDT, H. A Química no Brasil. In: AZEVEDO, F (org.). **As ciências no Brasil – vol. 2**. Rio de Janeiro: Ed. Melhoramentos, 1955.

RINCON, A. E.; ALMEIDA, M. J. P. M. Ensino da Física e Leitura. **Leitura: Teoria & Prática**, v. 10, n. 18, p. 7-16, 1991.

ROTH, W. M; BARTON, A. C. **Rethinking Scientific Literacy**. New York: RoutledgeFalmer, 2004.

SÁ, A. F. A. Admirável campo novo: o profissional de história e a Internet. In: **Encontro Estadual de Professores de História**, Aracaju, 2008.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

_____. **Cosmos**. New York: Random House Publishing Group, 2011 (ebook).

SALDAÑA, J. J. Nuevas tendencias en la historia de la ciencia en América Latina. **Cuadernos Americanos**, v. 2, n. 38, p. 69-91, 1993.

_____. Teatro científico americano. Geografia y cultura em la historiografia latinoamericana de la ciencia. In: SALDAÑA, J. J. (coord.) **Historia social de las ciencias en América Latina**. México: UNAM, 1996.

- SANTOS, C. F. M.; CAMPOS, R. D. S. Quando ferro valia ouro: análise das memórias mineralógicas de José Barbosa de Sá (1769). **Varia Historia**, Belo Horizonte, v. 29, n. 49, p. 73-100, 2013.
- SANTOS, N. P. Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro-Primeira tentativa de difusão da Química no Brasil (1812-1819). **Química Nova**, v.27, n.2, p.342-348, 2004.
- SANTOS, N. P.; PINTO, A. C.; ALENCASTRO, R. B. Façamos químicos - a 'certidão de nascimento' dos cursos superiores de química de nível superior no Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 621-626, 2006.
- SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, Sentido e Contribuições de Pesquisas para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 1, p. 27-31, 1995.
- SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.
- SERRANO, C. Transferencia de tecnologia y relaciones de intercambio. Caso de estudio: la amalgamación y las escuelas de minería en la colonia. In: FIGUEIRÔA, S. F. M.; LOPES, M. M. (orgs.). **Geological Sciences in Latin America: Scientific Relations and Exchanges**. Campinas: UNICAMP/IG, 1994.
- SILVA, C. P. **O desvendar do grande livro da natureza: As práticas geocientíficas no Brasil colonial vistas por meio de um estudo da obra mineralógica e geológica do cientista brasileiro José Vieira Couto, 1798-1805**. Dissertação (Mestrado em Educação Aplicada às Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1999.
- _____. **Garimpendo memórias: As ciências mineralógicas e geológicas no Brasil na transição do século XVIII para o XIX**. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.
- SILVA, C. P.; FIGUEIRÔA, S. F. M. Garimpendo idéias. A “arte de minerar” no Brasil em quatro memórias na transição para o século XIX. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro,

v. 2, n. 1, p. 32-53, 2004.

SILVA, C. P.; LOPES, M. M. O ouro sob as Luzes: a 'arte' de minerar no discurso do naturalista João da Silva Feijó (1760-1824). **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 11, n. 3, p. 731-50, 2004.

SILVA, I. A. C. S. Biographia de José de Sá Bittancourt Accioly. **Revista do IHGB**, v. 6, p. 107-111, 1844.

SILVA, R. O. Cana de Mel, Sabor de Fel – Capitania de Pernambuco: Uma Intervenção Pedagógica com Caráter Multi e Interdisciplinar. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 90-94, 2010.

SILVEIRA, H. E. **A História da Ciência em periódicos brasileiros de química: contribuições para formação docente**. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

SOARES, J. P. M.; FERRÃO, C. **Viagem ao Brasil - v. III**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2007.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Against a negative image of science: history of science and the teaching of physics and chemistry. **Science & Education**, v. 12, n. 7, p. 703-717, 2003.

SOUZA, C. M.; FIGUEIRÔA S. F. M. A História da Ciência como auxiliar na compreensão dos conflitos entre evolucionismo e criacionismo em disciplinas do Ensino médio. In: **Anais do 11º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**, Niterói, 2008.

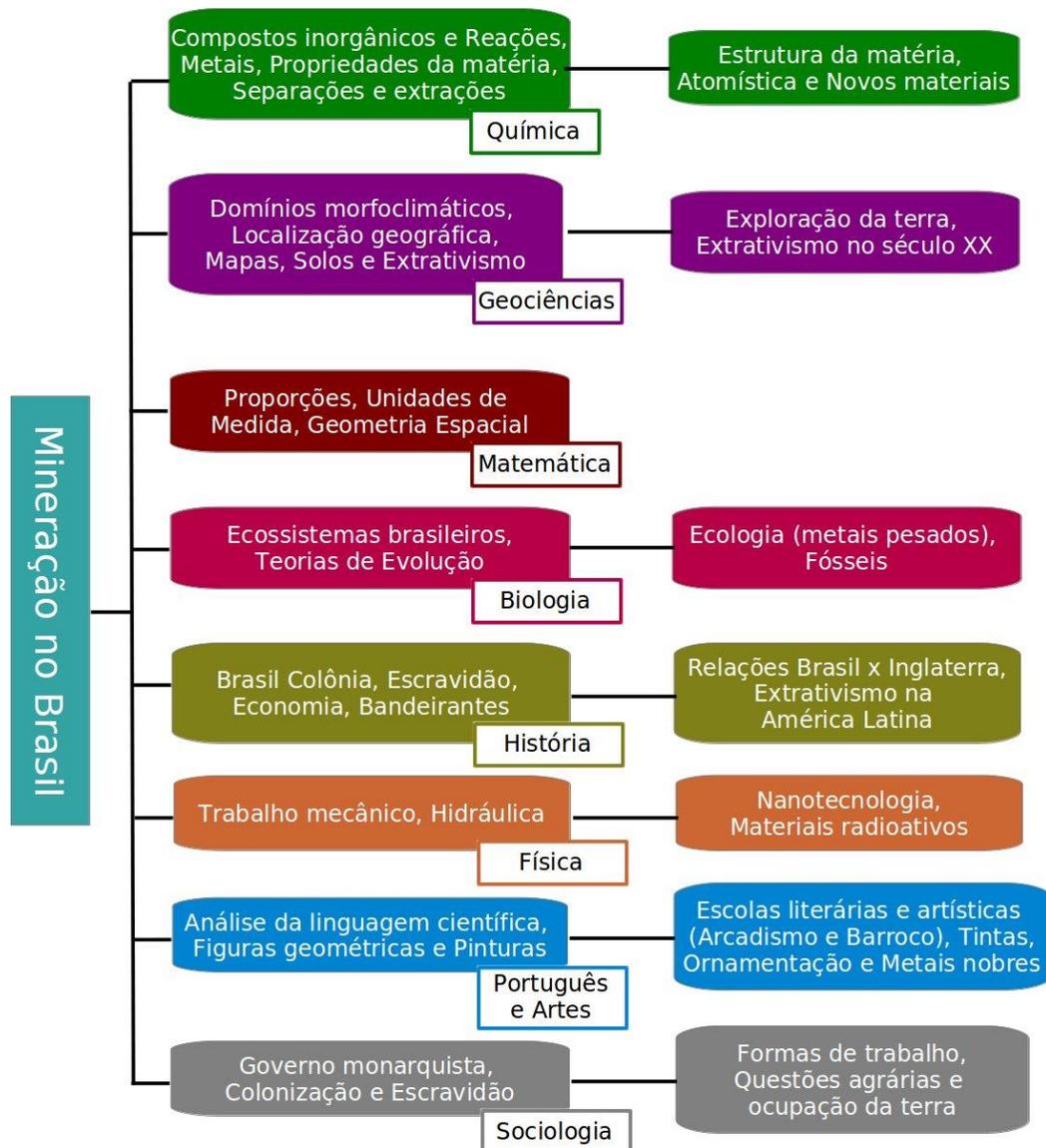
STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY. **Charles Sanders Peirce**, 2014.
Disponível em: <http://plato.stanford.edu/entries/peirce/>
Acesso em: 25/11/2014

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2010.

- _____. School Chemistry: The Need for Transgression. **Science & Education**, v. 22, n. 7, p. 1757-1773, 2013.
- TOLEDO, M. C. M. Geociências no Ensino Médio Brasileiro - Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Geol. USP**, Publ. Espec., n. 3, p. 31-44, 2005.
- VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2005.
- VARELA, A. G. Atividades científicas no Império português: um estudo da obra do 'metalurgista de profissão' Manuel Ferreira da Câmara - 1783-1820. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos - Rio de Janeiro**, v. 15, n. 4, p.1201-1208, 2008.
- _____. **Atividades científicas na "Bela e Bárbara" capitania de São Paulo (1796-1823)**. São Paulo: Annablume, 2009.
- VARNHAGEN, F. A. **Florilegio da poesia brasileira: ou, collecção das mais notaveis composições dos poetas brasileiros falecidos, contendo as biographias de muitos delles, tudo precedido de um ensaio historico sôbre as lettras no Brazil, Volume 1**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1850.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. [S.l.]: Ed. Ridendo Castigat Mores, 2001 [1934] (ebook). Disponível em: <http://www.ebooksbrasil.org/eLibris/vigo.html#ind9>
Acesso em: 02/12/2014.
- WISNIAK, J. Jean Hellot: A pioneer of chemical technology. **Revista CENIC Ciências Químicas**, v. 40, n. 2, p. 111-121, 2009.
- ZANON, L. B. Tendências Curriculares no Ensino de Ciências/Química: um olhar para a contextualização e a interdisciplinaridade como princípios da formação escolar. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (orgs.). **Educação Química No Brasil**. Campinas: Editora Átomo, 2008.
- ZANOTELLO, M. Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 987-1013, 2011.

Apêndices

APÊNDICE A – Resumo de atividades propostas com a Mineração como tema unificador



Fonte: Elaboração própria da autora¹¹⁴

¹¹⁴ Neste fluxograma, é possível observar um pequeno resumo dos temas que podem ser trabalhados em diferentes disciplinas, dentro da temática da Mineração no Brasil. A primeira coluna da imagem relaciona aqueles conceitos que podem ser abordados diretamente a partir dos textos originais da época; já a

Apenas a título de ilustração deste potencial interdisciplinar do trabalho com a Mineração em sala de aula, apresento um trecho do trabalho de Alexandre Rodrigues Ferreira, no qual o autor critica o uso de trabalho escravo na Mineração colonial, tema que poderia ser inserido em aulas de História e Sociologia:

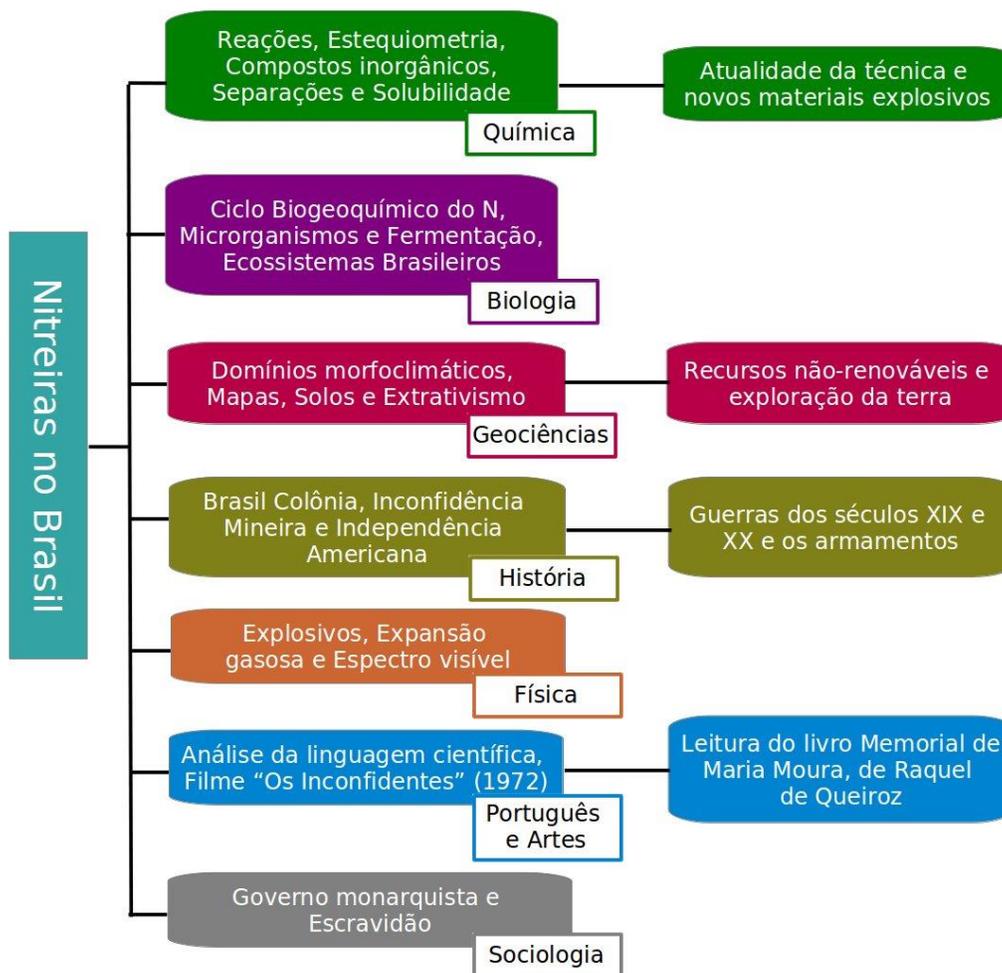
De escravos comprados a tão exorbitantes preços raros são tratados por seus senhores com o pão, e o pano preciso, para desempenharem as pesadas tarefas que se lhes impõem. Por outra parte o necessário somente para a subsistência de uma grande fábrica, a bem poucos mineiros deixa de absorver a maior parte do que eles tiram; e por conseguinte, ao comum deles transcende as suas possibilidades. Em um país tão morboso, o que lhes vale é não adoecerem os negros, tanto como os brancos. Dos que desertam ou para os centros dos matos, ou para a fronteira de Espanha, raros são apreendidos e voltam ao cativeiro. Nem a estas fugas podem absolutamente obstar ou as rondas espalhadas pela sobredita fronteira, ou as diligências em seguimento dele pelo interior dos sertões. Por qualquer parte da capitania se lhes franqueia uma porta para semelhantes fugas. (FERREIRA, 1790 apud SOARES; FERRÃO, 2007, p. 55).

Já em aulas de Biologia, destaco as discussões construídas por Barbosa de Sá e Vieira Couto sobre a formação da Terra, já apresentadas no capítulo V, e trago também um trecho do trabalho de João da Silva Feijó, em que o autor relata o encontro, em suas viagens naturalistas em busca de minérios, de amostras de fósseis:

Não é menos para notar-se a grande quantidade de ossada fóssil de grandioso tamanho, como vértebras, costelas, fêmures, que se encontram perto daquela Serra, para onde se diz Cronzó, em uma lagoa denominada da Catharina. Que exemplos, pois para suas provas não deduzirão destes objetos os Sectários do célebre *Systems* de Buffon; não menos para aqueles Naturalistas que se persuadem que se não podem petrificar as substâncias moles, ou carnosas dos animais? (FEIJÓ, 1814, p. 55-56).

segunda coluna traz sugestões de expansão para outras áreas, a serem trabalhadas e discutidas através de outras fontes de informações, incluindo-se debates de questões atuais.

APÊNDICE B – Resumo de Atividades propostas com as Nitreiras como tema unificador



Fonte: Elaboração própria da autora¹¹⁵

Como breve exemplo deste potencial interdisciplinar que a exploração do salitre no Brasil apresenta para as aulas regulares, destaco um trecho extraído do depoimento do Alferes Joaquim José da Silva Xavier (Tiradentes), durante a Devassa Mineira, no contexto da delação do papel de naturalista que José Álvares Maciel representou nesta

¹¹⁵ Neste fluxograma, é possível observar um pequeno resumo dos temas que podem ser trabalhados em diferentes disciplinas, dentro da temática da exploração das nitreiras no Brasil. Assim, como anteriormente, a primeira coluna da imagem relaciona aqueles conceitos que podem ser abordados diretamente a partir dos textos originais da época; já a segunda coluna traz sugestões de expansão para outras áreas, a serem trabalhadas e discutidas através de outras fontes de materiais, incluindo-se debates de questões atuais.

revolta, como já citado neste trabalho, e que poderia ser facilmente empregado em aulas de História:

Falaram sobre os acontecimentos que o dito José Álvares Maciel tinha adquirido a respeito de manufaturas e mineralogia, dizendo que os nacionais desta América não sabiam os tesouros que tinham, e que podiam aqui ter, se soubessem fabricar; passou depois o respondente a falar dos governos, e como vexavam os Povos, e que também ele era um dos queixosos, ao que o dito José Álvares Maciel disse que, pelas Nações Estrangeiras, por onde tinha andado, ouvira falar, com admiração, de não terem seguido o exemplo da América Inglesa; com este dito, entrou o respondente a lembrar-se da independência que este país podia ter, entrou a desejá-la e, ultimamente, a cuidar do modo por que poderia isso efetuar-se. (LOPES, 1958, p. 9-10)

Já no trabalho de José de Sá Bittencourt Accioly, encontramos algumas narrativas e descrições de suas viagens pelo território da Bahia, apresentando interessantes aportes para as aulas de Geociências:

O salitre, ou se acha natural nas lapas das serras, morada dos animais, ou nos países baixos, que ficam vizinhos às Nitreiras altas, ou é obra do artifício. Não é só no Pegú¹¹⁶, nos subúrbios da Agradam, nas margens do Volga, na Índia, nas costas do mar Pacífico perto de Lima, que há o salitre natural; no Brasil o há com abundância, principalmente nos Montes-Altos, cuja observação faz o importante objeto da presente Memória.

A serra dos Montes Altos, que não é outra mais do que um ramo da grande serra, que atravessa do Rio de Janeiro à Bahia, é situada entre a Vila do Urubu, o Arraial do Castilhé da parte a oeste da Estrada geral, que segue da Bahia para Minas, ficando entre a Estrada de Minas, e a de Goiás, que lhe passa à légua e meia desviada; a sua direção é de Leste Sueste para Oeste Noroeste, formando diferentes ângulos, cuja figura representa uma grande Fortaleza com guaritas naturais em alguns ângulos, formando por cima uma bateria plana, sendo para cima de vinte

¹¹⁶ Reino de Pegú: atualmente, trata-se do país conhecido como Myanmar, no sul da Ásia.

léguas pela face do Leste, aonde ela forma a muralha com dois filões escarpados uns sobre os outros, que parecem duas serras uma por cima da outra, deixando às vezes algum espaço de terreno entre um e outro filão, porém íngreme bastante. (ACCIOLY, 1845 [1800], p. 88)