

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA
VIDA E SAÚDE

Susete Francieli Ribeiro Machado

**UMA PROPOSTA DE ARTICULAÇÃO ENTRE EPISTEMOLOGIA E A HISTÓRIA
DA CIÊNCIA COMO FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA À CONSTRUÇÃO DE
EPISÓDIOS EM CIÊNCIA**

Porto Alegre

2018

Susete Francieli Ribeiro Machado

**UMA PROPOSTA DE ARTICULAÇÃO ENTRE EPISTEMOLOGIA E A HISTÓRIA
DA CIÊNCIA COMO FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA À CONSTRUÇÃO DE
EPISÓDIOS EM CIÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Claudio Del Pino

Porto Alegre

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Ribeiro Machado, Susete Francieli

UMA PROPOSTA DE ARTICULAÇÃO ENTRE EPISTEMOLOGIA E
A HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA À
CONSTRUÇÃO DE EPISÓDIOS EM CIÊNCIA / Susete Francieli
Ribeiro Machado. -- 2018.

115 f.

Orientador: José Claudio Del Pino.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da
Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em
Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-
RS, 2018.

1. Episódios em Ciência. 2. História da Ciência. 3.
Convergência epistemológica. 4. Gaston Bachelard. 5.
Imre Lakatos. I. Del Pino, José Claudio, orient.
II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Susete Francieli Ribeiro Machado

**UMA PROPOSTA DE ARTICULAÇÃO ENTRE EPISTEMOLOGIA E A HISTÓRIA
DA CIÊNCIA COMO FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA À CONSTRUÇÃO DE
EPISÓDIOS EM CIÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Claudio Del Pino

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Claudio Del Pino

UFRGS – Porto Alegre/RS

Orientador

Prof. Dr. Marco Antonio Moreira

UFRGS – Porto Alegre/RS

Prof^a. Dr^a. Tania Denise Miskinis Salgado

UFRGS – Porto Alegre/RS

Prof^a. Dr^a Ângela Maria Hartmann

UNIPAMPA – Caçapava do Sul/RS

*In memoriam de Ivone Machado Zottis, o meu maior exemplo de
força, amor e sabedoria!*

AGRADECIMENTOS

Foi um longo caminho até aqui, mas posso dizer que não foi um caminho solitário, pois tive importantes parcerias nesta singular trajetória que define-se como a minha pesquisa de Mestrado.

Ao meu professor orientador José Claudio Del Pino (foi uma honra ser a tua orientanda!) agradeço por ter sido um querido ouvinte conselheiro me orientando sabiamente no percurso desta pesquisa.

Ao professor André Luís Silva da Silva, serei eternamente grata por ter me oportunizado iniciar ainda no período da graduação os estudos na área de História e Epistemologia da Ciência, como também, por ter compartilhado comigo reflexões sobre Ciência e Filosofia que me mostraram novas possibilidades no contexto da pesquisa acadêmica.

À professora Michelle Camara Pizzato, só tenho a agradecer de coração por ter sido um fiel porto seguro durante esta pesquisa e pelas nossas conversas sobre História e Filosofia da Ciência, as quais contribuíram significativamente ao desenvolvimento do meu olhar como pesquisadora.

Aos professores Marco Antonio Moreira, Tania Denise Miskinis Salgado e Ângela Maria Hartmann por aceitarem compor a minha banca de Mestrado e por suas importantes contribuições à pesquisa.

À minha família (em especial aos meus irmãos Plauto, Joice, Jailson e minha tia Noeci) peço minhas sinceras desculpas pelo distanciamento durante esta pesquisa, mas saibam que eu amo muito vocês! Obrigada pelo constante apoio e confiança nesta singular etapa de minha vida.

À Casa Estudantil Universitária de Porto Alegre (CEUPA) por ter me permitido residir nela, bem como me propiciando as condições basilares para que eu conseguisse realizar a minha pesquisa. Como também, devo agradecer aos amigos que a CEUPA me trouxe nestes dois anos de Mestrado, obrigada família CEUPA!

Às minhas amigas de graduação e de Mestrado Jackeline, Aline, Samara, Lucia e Carolina pela amizade e importante parceria.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) por toda a assistência e o auxílio financeiro da bolsa de Mestrado durante este período de estudos, o qual foi fundamental para que esta pesquisa se desenvolvesse.

Por fim, agradeço aos meus amigos, meus professores de graduação, e todos aqueles que contribuíram, de forma direta ou indireta, para que eu chegasse nesta etapa de minha formação acadêmica, obrigada de coração!

*“Disciplina é liberdade
Compaixão é fortaleza
Ter bondade é ter coragem [...]”
(Há tempos, Legião Urbana).*

RESUMO

Esta dissertação de Mestrado visa apresentar os resultados e reflexões obtidos através de uma pesquisa envolvendo a inter-relação entre a História e Epistemologia da Ciência. Teve-se como objetivos principais desta investigação teórica: a construção de uma convergência epistemológica entre as ideias e defesas em Ciência dos filósofos Gaston Bachelard e Imre Lakatos, como também a construção de episódios em Ciência discutidos em grande parcela sob tais olhares histórico-filosóficos. Esta pesquisa possui abordagem qualitativa e quanto aos seus objetivos insere-se como descritiva-reflexiva. Iniciou-se tal investigação realizando um aprofundamento teórico envolvendo as especificidades de cada epistemologia com o objetivo de clarificar o entendimento referente aos pontos estruturantes de cada olhar epistemológico. Em relação ao processo de construção dos episódios em Ciência, realizou-se um levantamento bibliográfico contemplado em maior parte por livros e artigos científicos que tratassem da respectiva temática do episódio, buscando-se uma diversidade de fontes para fundamentar este processo de escrita, com o intuito de valorizar um olhar abrangente sobre a História da Ciência. De modo geral, a construção da convergência epistemológica se fundamentou no que ambas as epistemologias têm em comum que é a própria defesa da História da Ciência por uma natureza epistemológica dinâmica e evolutiva (no que tange à mutabilidade do conhecimento científico), visão normativa, essência dialética e caráter racional objetivo. Desta forma, buscou-se explorar as relações teóricas envolvendo os olhares histórico-filosóficos de ambos os epistemólogos na escrita dos episódios. O primeiro episódio em Ciência visou apresentar e refletir sobre dois programas científicos conflitantes na História da Ciência, os programas flogístico e calórico, os quais marcaram, pontualmente, o período pré-científico da Química e o nascimento das bases teóricas da Química moderna. Já o segundo episódio em Ciência almejou apresentar as principais concepções de matéria desenvolvidas pelos gregos durante a Antiguidade. Os episódios em Ciência produzidos nesta pesquisa valorizam um olhar histórico-filosófico da Ciência através da referida convergência, como também possibilitam uma compreensão da história do pensamento científico por uma natureza conjectural (naturalmente falível) e em constante estado de evolução. Desta forma, defende-se que as epistemologias de Lakatos e Bachelard possuem grande valia ao campo didático científico, pois fomentam concepções epistemológicas contemporâneas e defendem uma Ciência aberta e em constante estágio de devir. Além do mais, os episódios em Ciência podem servir como significativas ferramentas didáticas a abordagens de temas científicos elucidados por olhares que contemplam discussões pertinentes à essência histórico-filosófica do pensamento científico no contexto do ensino. Esta pesquisa evidencia, na base dos seus resultados finais, a necessidade de se buscar valorizar a qualificação da História da Ciência como um importante cerne das discussões dos conteúdos científicos no campo didático, como também a fomentação de um distanciamento em relação às concepções alicerçadas no contexto de ensino que remetem à epistemologia tradicional.

Palavras-chave: episódios em Ciência. História da Ciência. Convergência epistemológica. Gaston Bachelard. Imre Lakatos.

ABSTRACT

The aim of this Masters dissertation is to present results and reflections obtained from research that involved the interrelation between the History and the Epistemology of Science. The main objectives of this theoretical investigation were the following: the construction of an epistemological convergence between the ideas and advocacies of philosophers Gaston Bachelard and Imre Lakatos, in addition to the construction of Science episodes discussed mostly under such historical-philosophical viewpoints. The research is from a qualitative approach and regarding the objectives is inserted as descriptive-reflexive. The investigation started through further theoretical development involving the specifics of each epistemology with the objective of clarifying the understanding related to the structural points from each epistemological viewpoint. As to the process of construction of the Science episodes, a bibliographical ascertainment was made covering mainly books and scientific articles that dealt with the respective issue of the episode, seeking for source diversity to serve as the foundation for this writing process with the intent of valuing a comprehensive viewpoint of Science History. In general, the construction of the epistemological convergence was founded on where both epistemologies share in common, namely the advocacy of Science History itself by a dynamic, evolving epistemological nature (pertaining to the mutability of scientific knowledge), normative viewpoint, dialectic essence, and an objective rational character. This way, an exploration of the theoretical relations was sought that involved the historical-philosophical viewpoints of both epistemologists for writing the episodes. The first Science episode is aimed at presenting and reflecting upon two conflicting scientific programs in Science History, the phlogistic and caloric programs, that were a timely marker of the pre-scientific period in Chemistry and the birth of the theoretical bases for modern Chemistry. The aims of the second Science episode is to present the main conceptions of matter developed by the Greeks in Antiquity. The Science episodes produced by this research value a historical-philosophical viewpoint of Science from the above mentioned convergence, and also allowed for an understanding of the history of scientific thought by a conjectural nature (naturally fallible) and in a constant state of evolution. This way, it is advocated that Lakatos' and Bachelard's epistemologies are of great value to the scientific didactic field by enhancing contemporary epistemological conceptions and advocate that Science be open and in a permanent state of becoming. Furthermore, the Science episodes may serve as significant didactic tools for approaching scientific themes elucidated by viewpoints that include discussions pertaining the historical-philosophical essence of the scientific thought within a teaching context. Based on its final results, this research brings to evidence the need to pursue valuing the qualification of Science History as an important core when discussing scientific contents in the didactic field, as well as enhancing a further distancing in relation to conceptions founded within the teaching context that remit to traditional epistemology.

Keywords: Science episodes. History of Science. Epistemological convergence. Gaston Bachelard. Imre Lakatos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema conceitual ilustrando as diferenças entre a epistemologia tradicional e a Nova Filosofia da Ciência no contexto de ensino.....	16
Figura 2- Esquema conceitual ilustrando a metodologia dos programas de investigação científica.....	30
Figura 3- Esquema conceitual ilustrando a concepção normativa da historicidade científica para Bachelard.....	33
Figura 4- Esquema conceitual ilustrando a inter-relação entre a história interna e a história externa da epistemologia lakatosiana.....	35
Figura 5- Esquema conceitual ilustrando os três estados de formação do espírito científico.....	36
Figura 6- Esquema conceitual ilustrando a natureza epistemológica da razão objetiva contida na concepção de História da Ciência por Bachelard.....	37
Figura 7- Esquema conceitual ilustrando a natureza epistemológica da razão objetiva contida na concepção de História da Ciência por Lakatos.....	38
Figura 8- Mapa conceitual ilustrando a convergência epistemológica entre as concepções em Ciência de Imre Lakatos e Gaston Bachelard em relação à historicidade científica.....	42
Figura 9 - Esquema conceitual ilustrando a explicação <i>stahlianiana</i> referente ao processo de revivificação dos metais.....	49
Figura 10- Esquema conceitual ilustrando a tendência autoexplicativa dos fatos observáveis pelo programa flogístico.....	50
Figura 11- Esquema conceitual ilustrando as características e influências principais da substância calórico para o programa lavoiseriano.....	62
Figura 12- Esquema conceitual ilustrando alguns exemplos que compõem o núcleo firme do programa e o seu cinturão protetor	63
Figura 13- Esquema conceitual contendo um resumo das principais concepções pré-atômicas da matéria.....	85
Figura 14- Mapa conceitual ilustrando as principais escolas filosóficas envolvendo o pensamento pré-socrático.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Elementos convergentes das epistemologias de Bachelard e Lakatos em relação à História da Ciência.....	42
Quadro 2- Ilustração de algumas distinções entre os programas flogístico e calórico.....	69
Quadro 3- Apresentação de alguns pontos discutidos no texto envolvendo a referida convergência epistemológica em relação ao presente episódio em Ciência.....	73
Quadro 4- Apresentação de alguns pontos discutidos no texto envolvendo a referida convergência epistemológica em relação ao presente episódio em Ciência.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior
IFRS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
PPC	Programas de pesquisa científica
EREC	Encontro Regional de Ensino de Ciências
RESAFE	Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
IENCI	Revista Investigações em Ensino de Ciências

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	14
2. METODOLOGIA DO TODO.....	20
3.GASTON BACHELARD E IMRE LAKATOS: UMA CONVERGÊNCIA EPISTEMOLÓGICA FUNDAMENTADA NA DINAMICIDADE DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA.....	23
4. EPISÓDIOS EM CIÊNCIA	44
4.1. Uma perspectiva dinâmica e evolutiva da História da Ciência no contexto da química do fogo: do Programa Flogístico ao Programa Calórico de Lavoisier.....	44
4.2. Principais concepções pré-atomística e atomística de matéria na Grécia antiga.....	74
5. UMA REFLEXÃO SOBRE O TODO DA PESQUISA, RELAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
APÊNDICES.....	103
Apêndice 1- Trabalhos publicados da pesquisa em Anais de eventos acadêmicos.....	104
Apêndice 2- Artigos submetidos da pesquisa a revistas da área de Educação científica.....	104
Apêndice 3- Trabalho completo apresentado no Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ 2017)	105

1. INTRODUÇÃO

Escriver é um ato de permitir-se, de aprender a expor as suas ideias, deixando de lado o medo de errar. Escrevendo, aprendemos a nos conhecermos, como também, a produzir o infinito: afinal de contas, corroborando com Sagan (2017), a escrita é uma ferramenta de comunicação que pode perpassar gerações, visões de mundo e diferentes corações. Escrever é construir ideias teóricas influenciadas por referências convergentes (e divergentes também), mas principalmente, escrever é o ato de construir e desenvolver uma leitura de mundo; um aumento das lentes cognitivas de quem se aventura, talvez um mundo mais bonito que explicita a essência subjetiva do escritor, os seus ideais, aspirações, sonhos e questionamentos de sua razão.

Esta dissertação de Mestrado visa apresentar os resultados e reflexões obtidos através de uma pesquisa envolvendo a inter-relação entre a História e Epistemologia da Ciência. Tem-se como objetivos principais desta investigação teórica: a construção de uma convergência epistemológica entre as ideias e defesas em Ciência dos filósofos Gaston Bachelard (1884-1962) e Imre Lakatos (1922-1974), como também a construção de episódios em Ciência¹ discutidos em grande parcela sob tais olhares histórico-filosóficos.

Para iniciar a escrita desse texto tão singular à minha vivência acadêmica, considero de grande valia explicitar algumas reflexões iniciais que tive a oportunidade de realizar durante meu período como graduanda. Durante a minha graduação no curso de licenciatura em Ciências Exatas (ênfase em Química) tive a oportunidade de participar de significativos projetos da Universidade. Sendo um dos mais relevantes o PIBID², o qual me oportunizou aprender diferentes teorias sobre o processo de ensino e aprendizagem; a oportunidade de trabalhar com uma pluralidade rica de perfis conceituais de professores. Bem como, a possibilidade de me inserir no cotidiano das salas de aulas, alinhando teoria e prática à minha formação como iniciante à docência. Dessa forma, aplicando e desenvolvendo estudos teóricos do PIBID com os alunos da Educação Básica e produzindo materiais reflexivos sobre tais intervenções para publicações em eventos acadêmicos. Pode-se dizer que o PIBID foi uma espécie de ferramenta

¹ Os quais são textos que buscam abordar conteúdos científicos sob uma perspectiva histórico-filosófica da Ciência.

² Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência criado e financiado pela Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal em Nível de Ensino Superior (CAPES).

reflexiva para o meu desenvolvimento e solidificação como futura professora pesquisadora da área de Educação científica.

Nos eventos acadêmicos que eu participei percebi que discutia-se muito a questão da desmotivação dos alunos quanto ao estudo de Ciências, buscava-se pontos envolvendo a interdisciplinaridade como base para a maioria das principais reflexões de tais estudos acadêmicos. Explicitava-se para mim nestas discussões a necessidade de um eixo conector que propiciasse trabalhar diferentes áreas do ensino científico no contexto da sala de aula.

Durante a graduação busquei, em muitos momentos, compreender as discussões científicas tratadas em aulas, tanto da área de Química como das áreas de Física e Matemática (as quais constituíram boa parcela da minha totalidade curricular cursada) por um olhar reflexivo da História da Ciência. Buscava, muitas vezes, em episódios da Ciência (como os do divulgador científico e cientista Carl Sagan) uma espécie de aporte histórico sobre a natureza e desenvolvimento do pensamento científico. Algo que me elucidasse na compreensão da forma de pensar a Ciência em seus diferentes contextos históricos, bem como a reflexão dos pontuais patamares de sua evolução teórica/empírica.

Quando chegou o momento de construir e desenvolver meu Trabalho de Conclusão de Curso³ (TCC), me direcionei à temática da História da Ciência no Ensino de Química. Realizei um estudo de natureza qualitativa, buscando investigar se os professores de três escolas do Ensino Médio do município de Caçapava do Sul/RS utilizavam e inseriam a História da Ciência em suas aulas. Buscando, ainda, realizar uma análise de natureza quantitativa quanto a temática da História da Ciência nos livros didáticos que os docentes utilizavam para embasar os seus planejamentos de aulas.

De forma sucinta, apresento alguns resultados dessa pesquisa pertinentes a essa dissertação. Cabe salientar que a grande maioria dos professores investigados compreendiam a relevância da História da Ciência no Ensino de Química. No entanto, refletindo as falas dos docentes percebia-se que os mesmos compreendiam a História da Ciência de forma descontextualizada em relação aos assuntos científicos tratados em aula e, além do que, boa parcela dos pesquisados alegaram que não tiveram em suas graduações disciplinas envolvendo essa temática de discussão. Na análise realizada nos livros didáticos obtive como principais

³ Intitulado *Abordagem da História da Química em escolas de Ensino Médio de Caçapava do Sul/RS*.

resultados reflexivos que a História da Ciência era, na maioria das vezes, retratada de maneira linear e acumulativa, de modo a minimizar as relações com os conteúdos científicos abordados.

Como explicitado acima, na pesquisa realizada no meu TCC, percebi que a História da Ciência não era compreendida (pela grande maioria dos pesquisados) de forma atrativa e que era apresentada, muitas vezes, de forma linear e acumulativa no ensino. Por outro lado, indo em convergência a essas reflexões acadêmicas, no meu último semestre de graduação, tive a oportunidade de realizar um aprofundamento teórico envolvendo reflexões quanto à Epistemologia da Ciência e suas inter-relações com a historicidade científica. A partir desse aprofundamento teórico, comecei a refletir que as principais concepções sobre a História da Ciência apontadas na minha pesquisa de TCC eram referentes às concepções do pensamento científico concernentes à epistemologia tradicional, as quais vigoraram no cenário científico até o início do século XX (MOREIRA; MASSONI, 2011; LIMA; MARINELLI, 2011; SILVEIRA, 1996). A figura 1 apresenta uma diferenciação entre as concepções no Ensino de Ciências oriundas da epistemologia tradicional e da Nova Filosofia da Ciência (MOREIRA; MASSONI, 2016).

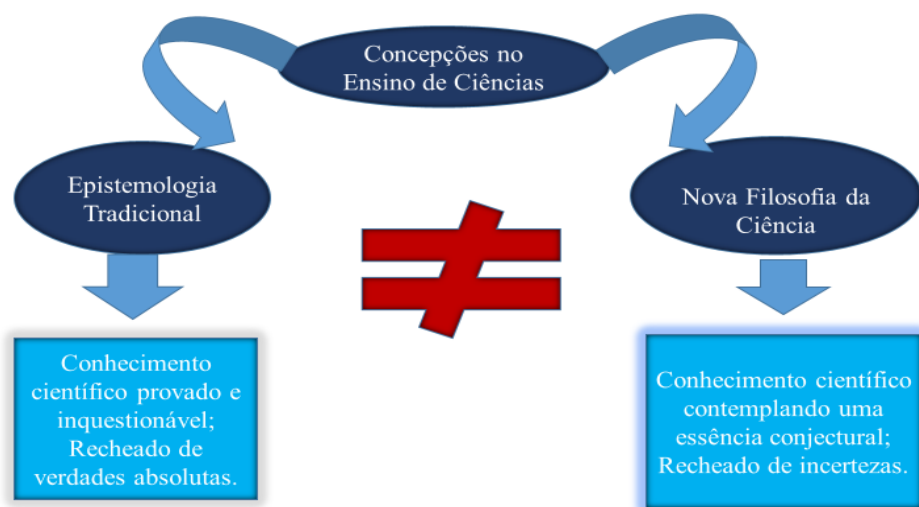


Figura 1- Esquema conceitual ilustrando as diferenças entre a epistemologia tradicional e a Nova Filosofia da Ciência no contexto de ensino (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Como apresenta o esquema anterior, as concepções científicas que envolvem o contexto do Ensino de Ciências explicitam visões epistemológicas do fazer científico (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002; PIZZATO, 2010). Tem-se que a epistemologia tradicional valoriza como Ciência um conhecimento absoluto, verdadeiro e indubitável, ao passo que a partir da Nova Filosofia da Ciência compreende-se o caráter científico por uma natureza conjectural, naturalmente falível, e recheada de incertezas. Desta forma, buscar fomentar

debates no Ensino de Ciências em relação às interfaces epistemológicas e às práticas docentes pode representar uma relevante ferramenta potencializadora à formação de professores (MOREIRA; MASSONI, 2016; MOURA *et al.*, 2013).

Deste modo, a partir desse aprofundamento teórico em concepções epistemológicas contemporâneas da Ciência, comecei a imergir no campo de estudos acadêmicos envolvendo a Epistemologia e a História da Ciência. Ao adentrar nos estudos epistemológicos, logo percebi a pluralidade e a riqueza das diferentes percepções que o pensamento científico contemporâneo apresenta em sua nova filosofia científica. Salienta-se que a Nova Filosofia da Ciência, a qual influenciou-se diretamente das teorias relativistas de Albert Einstein, as intrigantes e estranhas bases teóricas da mecânica quântica, bem como as bases da geometria não-euclidiana, teve como ponto de demarcação inicial as ideias epistemológicas de Karl Popper questionando a base indutiva lógica que influenciava grande parcela da epistemologia tradicional, e dando prosseguimento a prósperos debates filosóficos científicos protagonizados por epistemólogos como Imre Lakatos, Thomas Kuhn, Gaston Bachelard, Paul Feyerabend, entre outros (MOREIRA; MASSONI, 2011).

Realizando o referido aprofundamento em relação às epistemologias científicas contemporâneas, busquei neste momento aquelas que me propiciassem um aporte teórico para discutir a temática da História da Ciência, visto que essa era a minha principal motivação em possíveis novos estudos na academia. Deste modo, através de algumas boas tardes conversando sobre História e Filosofia da Ciência na Universidade, cheguei à ideia que legitima a presente pesquisa de Mestrado: a construção de uma convergência epistemológica entre as ideias e defesas em Ciência dos filósofos Gaston Bachelard e Imre Lakatos como base teórica para a escrita de episódios em Ciência. A escolha por tais epistemologias como objeto central da convergência epistemológica se deu pelo fato de ambos epistemólogos utilizarem a História da Ciência como cerne de suas principais defesas e ideias científicas. Como também, ambas as epistemologias possuem relevante potencial ao contexto da Didática das Ciências quanto ao fomento de grupos de pesquisa, às compreensões contemporâneas sobre o pensamento científico e à compreensão didática (e reflexiva) do erro como caminho propulsor à investigação científica. Cabe salientar que estes pontos podem ser vistos pelo enfoque tanto do aluno como pesquisador, como também do professor pesquisador da área de Educação científica.

Defende-se, assim, nesse texto, que as epistemologias bachelardiana e lakatosiana representam uma amostra relevante da bagagem epistemológica científica produzida no século

XX (LOPES, 1996; SILVEIRA, 1996; LIMA; MARINELLI, 2011). Pode-se dizer que ambas epistemologias desenvolveram ideias que fundamentaram as bases da construção do pensamento científico contemporâneo. Tem-se com Bachelard a relevância de seu estudo epistêmico envolvendo o desenvolvimento do pensamento psicológico científico através da sua perspectiva histórico-filosófica versada por uma razão que compreende o valor da reflexão do erro no processo de evolução da Ciência (BACHELARD, 1996a). Por outro lado, com Lakatos, apresenta-se uma compreensão do desenvolvimento científico baseando-se na competição de programas de pesquisa científicos rivais, bem como, o entendimento de que em cada período histórico o pensamento científico desenvolve uma espécie de código de honestidade intelectual, o qual compreende-se como cerne norteador das racionalidades produzidas pelo pensamento científico ou, como infere Lakatos, o núcleo firme de um programa investigativo historiográfico (LAKATOS, 1993).

Dessa forma, esse texto pretende apresentar os resultados da pesquisa em nível de Mestrado envolvendo uma proposta de estudos concernente ao campo da História e Epistemologia da Ciência no que tange a uma possível perspectiva futura ao campo da Didática das Ciências. Tem-se como pergunta da pesquisa a seguinte questão:

Como uma possível articulação entre as epistemologias de Imre Lakatos e Gaston Bachelard pode fundamentar a escrita de textos envolvendo a historicidade científica por um viés histórico-filosófico relevante ao campo da Didática das Ciências?

Objetivo principal da pesquisa

- ❖ Construir episódios em Ciência que contemplem uma fundamentação teórica referenciada pelas epistemologias de Gaston Bachelard e Imre Lakatos com relevante potencial ao campo da Didática das Ciências.

Objetivos específicos da pesquisa

- ❖ Realizar um aprofundamento teórico envolvendo as epistemologias bachelardiana e lakatosiana, como também em aportes teóricos referentes à História da Ciência;
- ❖ Construir uma convergência epistemológica envolvendo as ideias/defesas sobre o pensamento científico dos referidos epistemólogos (Lakatos e Bachelard) para fundamentação da escrita dos episódios em Ciência;

- ❖ Construir episódios em Ciência que valorizem a História da Ciência como uma ferramenta reflexiva que contribui para a dinamicidade do pensamento científico contemporâneo;
- ❖ Realizar uma reflexão sobre a construção dos episódios em Ciência e sua importância ao campo da Didática das Ciências.

Esta dissertação baseia-se de modo geral em cinco capítulos principais, sendo apresentada na estrutura de artigos. Tem-se no andamento deste texto um capítulo referente à construção metodológica da pesquisa (capítulo 2). Posteriormente, apresenta-se o cerne teórico das reflexões que envolverão boa parcela da pesquisa de modo a servir como suporte teórico à escrita dos episódios em Ciência, sendo assim explicitado em forma de um artigo a construção da convergência epistemológica envolvendo os olhares histórico-filosóficos de Gaston Bachelard e Imre Lakatos (capítulo 3). O seguinte capítulo desta dissertação apresenta os episódios em Ciência (capítulo 4) construídos pela autora dessa pesquisa sob o olhar, em grande parcela, da referida convergência epistemológica, intitulados “Uma perspectiva dinâmica e evolutiva da História da Ciência no contexto da química do fogo: do Programa Flogístico ao Programa Calórico de Lavoisier” e “Principais concepções pré-atomística e atomística de matéria na Grécia antiga”. Por fim, o quinto e último capítulo desta dissertação apresenta as reflexões finais da pesquisa em relação à construção da convergência epistemológica entre Imre Lakatos e Gaston Bachelard quanto à natureza epistêmica da História da Ciência, como também uma discussão envolvendo a aplicação da convergência epistemológica à escrita dos referidos episódios em Ciência, de modo a explorar as potencialidades envolvendo os episódios ao contexto da Didática das Ciências.

2. METODOLOGIA DO TODO

E escrever sobre a História da Ciência é, analogamente refletindo, escrever sobre os ombros de gigantes, como bem coloca Isaac Newton, em sua carta ao cientista Robert Hooke em 1676, justificando as suas descobertas no campo da óptica (HAWKING, 2005). Bem como, uma das belezas evidenciadas na historicidade da Ciência é que se percebe que “milagres” acontecem de verdade. Infere-se essa ideia, não com a pretensão de supervalorizar cientistas pontuais do passado da Ciência. Mas ao contrário, fomenta-se essa reflexão, justamente, pelo fato de que mesmo em momentos tão difíceis e de contextos históricos, sociais, políticos e científicos tão abalados, em muitas vezes, mesmo assim, o pensamento científico insistiu em se retificar e continuou buscando a sua evolução em moldes de conjuntos racionais (LAKATOS, 1999).

Salienta-se, para mérito de esclarecimentos metodológicos, alguns questionamentos iniciais que surgiram no processo dessa construção teórica, como: por que a convergência epistemológica entre as concepções de Ciência de Lakatos e Bachelard pode ser relevante a uma defesa de uma História da Ciência dinâmica e evolutiva com propósitos finais ao campo da Didática das Ciências? Como filtrar determinados conceitos epistemológicos desses filósofos, ao olhar da autora dessa investigação teórica? Quais relações teóricas denotam potencialidades emergentes e merecem caráter exploratório para o processo de escrita dos episódios em Ciência?

Esta pesquisa possui abordagem qualitativa e quanto aos seus objetivos insere-se como descritiva-reflexiva. Iniciou-se tal investigação realizando um aprofundamento teórico envolvendo as especificidades de cada epistemologia com o objetivo de clarificar o entendimento referente aos pontos estruturantes de cada olhar epistemológico. Utilizou-se nesta etapa as obras originais⁴ de Imre Lakatos e Gaston Bachelard como cerne referencial tanto para o aprofundamento teórico como para a construção e o desenvolvimento da convergência epistemológica.

Em relação ao processo de construção dos episódios em Ciência, realizou-se um levantamento bibliográfico contemplado em maior parte por livros e artigos científicos que tratam da temática do episódio a ser elaborado. Com o intuito de valorizar uma construção e

⁴ A formação espírito científico (BACHELARD, 1996a), O novo espírito científico (BACHELARD, 1996b), A epistemologia (BACHELARD, 2001), A filosofia do Não (BACHELARD, 1984), Falsificação e Metodologia dos programas de investigação científica (LAKATOS, 1999) e La metodología de los programas de investigación científica (LAKATOS, 1993).

um desenvolvimento de episódios contemplando um olhar abrangente sobre a História da Ciência, buscou-se uma diversidade de fontes para fundamentar este processo de escrita. Deste modo, utilizou-se, em grande parte, como aporte teórico em História da Ciência: obras bibliográficas de cientistas, filósofos da Ciência e de divulgação científica. Ressalta-se ainda que o processo de escrita desses episódios desenvolveu-se considerando os aspectos semelhantes de ambas as epistemologias (elencadas no capítulo três).

A ideia de escrever sobre o episódio um advém desde a graduação pela curiosidade sobre a história de Antoine Laurent Lavoisier. Além do mais, representa um período histórico no qual surgem as primeiras ideias consistentes referentes a possíveis explicações sobre o mistério do fogo, os estudos sobre os diferentes tipos de “ares” pelos químicos pneumáticos e o conceito de elemento criado por Robert Boyle e aplicado nas defesas teóricas de Lavoisier (salienta-se que o programa do calórico foi de considerável relevância no que tange à construção das bases estruturais do pensamento químico). Durante o estágio que realizei em uma disciplina do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) chamada Filosofia e Didática das Ciências, esta ideia se aguçou novamente quando comecei a ler o livro “A invenção do Ar [...]” de Steven Johnson (JOHNSON, 2009). O autor conta a história de Joseph Priestley, entre outros cientistas de destaque da História da Ciência, deste modo me fazendo refletir sobre Lavoisier e Joseph Priestley (personalidades singulares da História da Ciência e que possuíam olhares diferentes sobre os mesmos problemas científicos). Além do mais, este episódio possui um recorte bastante documentado na literatura (contemplando uma variedade de fontes referenciais) e se refere a um período histórico bastante extenso e rico cientificamente para se discutir.

O episódio um foi submetido em uma primeira versão (ainda sem integrar uma discussão ampla da convergência) no I Encontro Regional de Ensino de Ciências (EREC) em 2017. No entanto, assim que foi construído o artigo referente à convergência epistemológica⁵ (base central da pesquisa) pode-se aplicar a convergência com uma riqueza maior de aprofundamento teórico neste episódio. Salienta-se que uma versão estendida do episódio um foi submetida à Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI).

O episódio dois envolvendo a concepção de matéria foi escolhido por representar a base inicial tanto do pensamento filosófico quanto do início da filosofia natural e por ter sido no recanto da Grécia Antiga que foi concebida pela primeira vez a ideia do átomo. Este episódio

⁵ O qual foi submetido à Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação (RESAFE) no ano de 2017.

foi apresentado em uma versão inicial no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) em 2016 e nesta dissertação apresenta-se contemplando com uma maior amplitude o olhar da convergência epistemológica.

Salienta-se que optou-se por apresentar nesta dissertação o episódio do calórico primeiro e em segundo o episódio contemplando a concepção de matéria na Grécia Antiga pelo fato de que o episódio do calórico contempla a aplicação da convergência epistemológica com uma abrangência maior de pontos em relação à natureza epistêmica da História da Ciência.

3. GASTON BACHELARD E IMRE LAKATOS: UMA CONVERGÊNCIA EPISTEMOLÓGICA FUNDAMENTADA NA DINAMICIDADE DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA ⁶

3.1 Introdução

É do âmago das ideias científicas revolucionárias do início do século XX (as teorias não-euclidiana, relatividade geral e restrita, mecânica quântica) que se origina a Nova Filosofia da Ciência (MOREIRA, MASSONI, 2011; BACHELARD, 1996a; LAKATOS, 1993), de maneira a acentuar uma pontual ruptura no campo científico envolvendo as concepções que alicerçavam a base de uma Ciência considerada imutável e inquestionável até então. Essas novas ideias científicas evocaram um novo espírito ao campo da Ciência da primeira metade do século XX, representando, assim, uma nova forma de pensar a Ciência, de raciocinar e articular a matemática às ideias científicas, de modo a questionar uma comunidade científica fundamentada pela tradição de suas verdades absolutas (BACHELARD, 1996b). O questionamento de conceitos elementares do pensamento científico e a percepção de que não existe elementaridade na Ciência, mas sim, relações que inferem concomitantemente movimento e essência no mundo quântico da matéria provocaram um sério ponto de interrogação no que se considerava comprovadamente pertencente à conjuntura da Ciência. Além do mais, a relação dicotômica visualizada entre o empirismo ingênuo e o racionalismo clássico na epistemologia tradicional e, depois convergida ao positivismo lógico pelo Círculo de Viena, desencadeou uma necessária reflexão sobre qual seria o papel da experiência em um método científico, bem como, qual seria o valor racional de uma teoria para o desenvolvimento da Ciência (BACHELARD, 2001; LAKATOS, 1993).

Tendo como exemplo esse cenário científico abalado, epistemologicamente, no início do século XX, concordamos com a relevância de se considerar que a historicidade científica aponta para momentos de continuidades progressivas, heurísticamente, como também de descontinuidades singulares do desenvolvimento do conhecimento científico. Descontinuidades, estas, as quais trouxeram pontuais avanços à nossa Ciência contemporânea (BACHELARD, 2001; LAKATOS, 1993).

⁶ Esse artigo foi submetido à Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação (RESAFE) no ano de 2017.

Cabe enfatizar que, neste artigo, se buscará trazer uma discussão teórica envolvendo uma possível articulação entre as concepções em Ciência dos filósofos Gaston Bachelard e Imre Lakatos como suporte epistemológico em abordagens envolvendo a História da Ciência⁷. Salienta-se, ainda, que a presente defesa entre essas duas epistemologias justifica-se pelo fato de que os referidos filósofos compartilham posições epistemológicas convergentes, no que tange à importância da historicidade científica ao campo da Ciência, bem como o entendimento de que o pensamento científico evolui por constantes retificações de conjuntos racionais ao longo do tempo (BACHELARD, 1996b; LAKATOS, 1993).

3.2 Caminhos metodológicos construídos da pesquisa

Em primeiro momento, esta investigação iniciou contemplando um processo de aprofundamento teórico envolvendo as obras dos supracitados epistemólogos. Salienta-se que essa investigação teórica considerou como um princípio norteador a reflexão de que a própria História da Ciência deve influenciar muitas reflexões quanto a esta discussão, como também, a filosofia detém uma relevância condutora e emergente para a construção e desenvolvimento desse novo olhar histórico-filosófico. Desta forma, seguindo este entendimento dialético entre a história científica e a Filosofia da Ciência, defende-se a importância em se demarcar pontos de convergências entre as duas epistemologias em relação à historicidade científica. Em concomitância, deu-se prosseguimento à construção de episódios em Ciência, buscando-se intercalar as leituras envolvendo as referidas epistemologias com referenciais teóricos em aportes de textos em História da Ciência. Assim, cabe frisar que a convergência epistemológica entre Gaston Bachelard e Imre Lakatos, explicitada neste artigo, possui natureza descritiva-reflexiva e de cunho teórico, envolvendo uma análise bibliográfica e discursiva.

Desta forma, este artigo buscará trazer, em sua sequência lógica, importantes reflexões destes dois epistemólogos, por meio de um recorte em suas epistemologias, deliberadamente extraído por seus autores. Após a apresentação de cada epistemologia científica, será discutida a referida convergência epistemológica envolvendo, em sua maior amplitude, pontos convergentes concernentes à historicidade científica. Salienta-se que esta seção do artigo organizar-se-á na estrutura de metatextos, os quais objetivarão comunicar e explorar, discursivamente, os referidos pontos teóricos convergentes.

⁷ Mais especificamente, textos envolvendo conteúdos científicos através de uma abordagem histórico-filosófica, denominados pelos autores deste artigo como episódios em ciência.

3.3 Bachelard e sua filosofia racional e dialética da Ciência

Gaston Bachelard foi um poeta, cientista, professor e, principalmente, um questionador (filósofo) que compreendeu na dialética existente entre a razão e a empiria, o equilíbrio necessário no qual o pensamento científico deve se expandir (LOPES, 1996).

Bachelard defende que o conhecimento científico origina-se da fomentação de problemas ao campo de debate da Ciência, como também, evolui à medida que se busca romper com as concepções primeiras e imediatistas da Ciência contidas nos próprios alicerces de sua estrutura. Em seus próprios termos, “o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras” (BACHELARD, 1996a, p. 17). Seguindo essa lógica, por compreender que o conhecimento científico é recheado de obstáculos epistemológicos⁸ que limitam a sua evolução, considera ser necessário que ocorra essa constante ruptura entre o conhecimento primeiro e o conhecimento científico. Dessa maneira, valoriza-se o entendimento da Ciência como um constructo em constante estágio de reconstrução, assemelhando-se a um eterno fruto humano racional, inacabado, em estado de devir (BACHELARD, 1996a).

Como aponta Lopes (1996), o enfoque de Bachelard era o erro e não a busca de uma verdade absoluta, de modo a valorizar um entendimento da História da Ciência como uma fonte impregnada de irracionalidades construídas pelo pensamento científico, além de defender que a continuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico infere um sério equívoco epistemológico. O pensamento continuísta nos leva a pensar que as coisas se desenvolveram linearmente e de maneira gradual. Entretanto, vale ressaltar que a Ciência é permeada por uma história repleta de momentos de rupturas que propiciaram a evolução dessa construção humana racional (BACHELARD, 2001).

Ora, o que faz a estrutura não é a acumulação; a massa dos conhecimentos imutáveis não tem a importância funcional que se supõe. Se se quiser de facto admitir que, na sua essência, o pensamento científico é uma objetivação, deve concluir-se que rectificações e as extensões são as suas verdadeiras molas. É aí que está escrita a história dinâmica do pensamento. É no momento em que um conceito muda de sentido que ele tem mais sentido, e então que ele é, com toda a verdade, um acontecimento da conceptualização (BACHELARD, 1996b, p. 42).

Bachelard expõe claramente a sua opção pelo eixo racionalista como vertente filosófica norteadora de suas ideias e defesas epistemológicas. No entanto, por compreender que tanto o realismo como o racionalismo, sozinhos, tornam-se limitados no que tange às suas essências epistêmicas evolutivas, como também, o entendimento de que o pensamento científico é

⁸ De modo geral, é um conceito da epistemologia bachelardiana que representa os entraves para o desenvolvimento do conhecimento científico (MOREIRA; MASSONI, 2011).

constituído de uma pluralidade filosófica, Bachelard defende como princípio elementar de sua epistemologia a dialeticidade entre as bases empíricas e racionais do campo científico (BACHELARD, 1984).

Como um bom defensor do racionalismo, Bachelard argumenta que o racionalismo evoluiu, significativamente, em relação ao realismo pelo fato de permitir a expansão e fomentação de ideias abstratas. Em sua concepção em historicidade científica, deve-se a racionalistas como, por exemplo, Galileu Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein, entre outros, o mérito pelas suas “experiências de pensamento”, de modo a incentivar seus enlances teóricos, que se distanciavam da observação comum para construção de ideias científicas pautadas pela busca curiosa em compreender o desconhecido da Natureza (BACHELARD, 2001). Já o realismo fundido ao empirismo ingênuo, a partir do século XVI, preconizava que o conhecimento científico só seria descoberto através da realidade dos fatos oriundos da empiria. Para Bachelard, “[...] o realista é o filósofo mais tranquilamente imóvel [...]” (BACHELARD, 1984, p. 24).

Por outro lado, a racionalidade científica instigada pelo novo espírito científico oriundo das físicas quântica e relativística da primeira metade do século XX veio questionar as bases teóricas da racionalidade clássica (pontuada, em grande parcela, pelo pensamento cartesiano e newtoniano). Como Bachelard aponta, não houve uma simples eliminação ou descarte da racionalidade clássica, mas sim, ocorreu uma transformação da razão através destes novos conceitos científicos, os quais fomentaram novos olhares sobre a essência epistêmica da racionalidade científica contemporânea (BACHELARD, 1996b).

A compreensão tem um eixo dinâmico, é um impulso espiritual, é um impulso vital. A mecânica einsteiniana acrescenta algo relativamente à compreensão dos conceitos newtonianos. A mecânica brogliana acrescenta algo em relação à compreensão dos conceitos puramente mecânicos e puramente ópticos. Entre estes dois últimos grupos de conceitos, a física nova determina uma síntese que desenvolve e completa a epistemologia cartesiana (BACHELARD, 1996b, p. 124).

Deve-se salientar que para Bachelard, a sua *Filosofia do não* distingue-se de uma negação arbitrária do conhecimento anterior, pois o não bachelardiano representa uma transformação, uma evolução dinâmica racional do conhecimento científico. Na visão bachelardiana, um determinado conceito científico é constituído de uma pluralidade de visões filosóficas distintas e, desta forma, valorizar uma única vertente filosófica para compreensão do pensamento científico acaba por limitá-lo à imobilidade de sua essência epistêmica evolutiva

(BACHELARD, 1984).

Bachelard instiga, ao campo epistemológico, reflexões referentes ao processo de desenvolvimento psicológico do conhecimento científico. E, visto a sua compreensão de que o pensamento científico deve constantemente se renovar (reconstruir-se) com o intuito de romper com concepções ingênuas e imediatistas que se entrelaçam às ideias científicas, defende a Ciência concebida por um olhar objetivo, histórico e com uma razão que compreende a importância em se refletir nos erros perpetuados pelo pensamento científico no decorrer de sua história (BACHELARD, 2001). Nesta perspectiva, a epistemologia bachelardiana defende que é relevante ocorrer uma constante retificação no ato de pensar cientificamente, de maneira a manter uma necessária vigília em relação às ideias imediatas e intuitivas do pensamento humano versadas à Ciência. Além disso, compreende a relevante inter-relação que tanto o racionalismo necessita de uma base empírica para se fortalecer, como o empirismo expande-se, à medida que as ideias evoluem no campo da teorização matemática racional (BACHELARD, 1996a).

[...] O espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Julga o seu passado histórico condenando-o. A sua estrutura é a consciência dos seus erros históricos. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como rectificação histórica de um longo erro, pensa-se a experiência como rectificação da ilusão comum e primeira. Toda a vida intelectual da ciência actua dialecticamente sobre esta diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido (BACHELARD, 1996b, p. 120).

De maneira geral, a epistemologia bachelardiana apadrinha a valorização de um entendimento de que o desenvolvimento psicológico do pensamento científico se relaciona expressivamente à historicidade da Ciência. No entanto, a percepção referente à História da Ciência pontuada por Bachelard diverge da perspectiva linear e acumulativa que a epistemologia tradicional costumava preconizar até o início do século XX (BACHELARD, 2001), visto o entendimento de que a epistemologia bachelardiana compreende uma historicidade científica banhada por momentos de descontinuidades, isto é, de rupturas epistemológicas que provocaram a evolução do pensamento científico ao longo do tempo histórico (MOREIRA; MASSONI, 2011). De maneira a exacerbar o cunho racional e, ao mesmo tempo experimental, que, ao seu ver, o pensamento deve transitar, Bachelard toma com grande audácia a valorização de um pensamento científico eternamente inacabado e à procura da razão e do real científico (BACHELARD, 2001).

3.4 A epistemologia lakatosiana e o seu olhar metodológico sobre a História da Ciência

Assim como Bachelard, Lakatos defende que o conhecimento científico não é fruto de uma descoberta, pautada por teorias passivas da natureza do conhecimento, mas, ao contrário, fundamenta-se em uma construção teórico-empírica articulada metodologicamente. Bem como, a Ciência não se desenvolve pela acumulação de conhecimentos (concepção continuísta) como era preconizado pela epistemologia tradicional (LAKATOS, 1993).

Salienta-se que Lakatos traz em sua epistemologia influências oriundas do empirismo popperiano no sentido de que compreende que “a única evidência relevante é a evidência antecipada por uma teoria, o caráter empírico (ou o caráter científico) e o progresso teórico estão indissolúvelmente vinculados” (LAKATOS, 1993, p. 54, tradução nossa). Ressalta, assim, a essência racional e dialética que concebe como a perspectiva empírica mais adequada à sua defesa epistemológica da Ciência, visto sua compreensão de que a experiência é oriunda de um problema científico e não de um fato observado. Desta forma, Lakatos adota que o pensamento científico surge a partir da fomentação de problemas, de modo que quanto maior for o caráter questionador e audacioso de uma conjectura, maior será o seu poder heurístico, compreendendo, nessa linha de pensamento, as proposições científicas como naturalmente teóricas e, invariavelmente, falíveis (LAKATOS, 1993).

Lakatos defende que é crucial ao processo evolutivo da Ciência possibilitar o amadurecimento, tanto teórico como empírico, de suas heurísticas potencializadoras (LAKATOS, 1999). Reflete que é inviável a distinção entre a veracidade científica e o não científico, tanto em relação à falsificação por teorias isoladas como pela justificação de conhecimentos científicos cunhada pela epistemologia tradicional (LAKATOS, 1993). Desta forma, Lakatos propõe o seu *falseacionismo metodológico sofisticado* valorizando como base motora do seu método falsificacionista a tenacidade entre as séries de teorias científicas, distanciando-se, assim, da lógica popperiana que defendia as teorias analisadas de maneira isolada submetidas a constantes testes falseadores (LAKATOS, 1999).

O falsificacionismo metodológico sofisticado combina várias tradições diferentes. Dos empiristas herdou a determinação de obter informações essencialmente a partir da experiência. Dos kantianos recebeu a abordagem activista à teoria do conhecimento. Com os convencionalistas, aprendeu a importância das decisões na metodologia” (LAKATOS, 1999, p. 43).

Neste viés pressupostamente lógico, uma teoria recebe caráter “científico” apenas se em relação “[...] à sua antecessora (ou rival), apresenta um conteúdo empírico corroborado adicional, ou seja, apenas se conduzir à descoberta de novos factos” (LAKATOS, 1999, p. 36).

Lakatos, desse modo, reflete alguns importantes pontos elencados através de sua análise histórico-filosófica: a Ciência avança, em muitos momentos, sem a necessidade de refutações; não existe conhecimento fundamentalmente refutável, bem como o campo científico fomenta competições envolvendo, muitas vezes, competidores trilaterais (teorias rivais e os experimentos) (FLACH, 2016).

Seguindo essas reflexões histórico-filosóficas, Lakatos apresenta um dos principais conceitos fundamentais de sua epistemologia: *os programas de pesquisa científica (PPC)*, trazendo a compreensão que as grandes teorias da Ciência se desenvolvem através de programas científicos. Compreende que, em muitos momentos na História da Ciência, os cientistas desenvolveram relevantes avanços teóricos, entretanto, não foram capazes de testar de forma significativa suas teorias, visto amplas limitações condizentes às tecnologias experimentais de tais épocas. Além disso, Lakatos entende que os cientistas não costumam se preocupar, de forma imediata, em descartar as suas teorias refutadas pela base empírica, de maneira a priorizar que se expandam e se amadureçam as bases teóricas do programa investigativo (LAKATOS, 1993).

A estrutura de um programa investigativo baseia-se, de modo geral, em núcleo firme, cinturão protetor e duas heurísticas, denominadas negativa e positiva. O núcleo firme contém as leis e teorias fundamentais do programa, isto é, a identidade essencial que caracteriza o programa investigativo, possuindo natureza irrefutável (provisoriamente). O cinturão protetor incorpora as leis e teorias auxiliares do programa, possuindo natureza refutável. Valoriza-se no cinturão o critério de progressão racional em relação à capacidade heurística das teorias em prever e corroborar fatos novos, isto é, dentro de um programa investigativo, a teoria científica que possuir maior conteúdo empírico corroborado deterá a maior força heurística. E, por último, tem-se as duas heurísticas que representam as regras metodológicas, sendo que a heurística negativa detém a responsabilidade de proteger o núcleo firme, de modo a evitar que sofra tentativas de refutação. Deve-se salientar que, quanto maior for a heurística negativa de um programa, maior será o seu caráter degenerativo heurísticamente, visto que preocupa-se mais em explicar as anomalias presentes do que em fomentar as linhas investigativas teóricas e empíricas do programa (LAKATOS, 1999).

Por outro lado, a heurística positiva é considerada a heurística mais importante de um programa investigativo, visto sua responsabilidade metodológica em fomentar e propiciar condições para que o cinturão protetor se amplie e qualifique-se no que tange à evolução de suas bases teóricas e empíricas (SILVEIRA, 1996). Para Lakatos não há desenvolvimento

científico sem o crescimento interligado das bases teóricas e empíricas. Sendo assim, a heurística positiva é a responsável pelo desenvolvimento das linhas investigativas do programa (LAKATOS, 1999). De maneira sucinta, apresenta-se, a seguir (na Figura 2), um esquema explicitando a metodologia dos programas investigativos, conforme concepção de Lakatos.

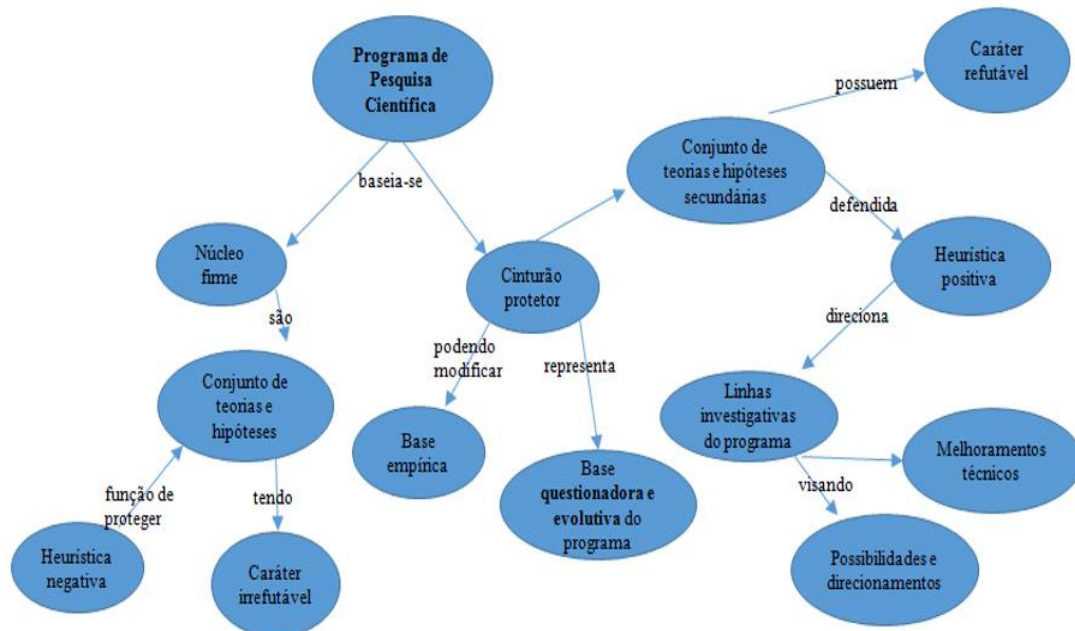


Figura 2- Esquema conceitual ilustrando a metodologia dos programas de investigação científica (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Lakatos compreendia a Ciência como um conjunto de programas de pesquisas científicas que progridem ou regredem no decorrer do tempo, sendo que o progresso científico baseia-se na competição de programas de pesquisa científicos rivais. O programa de pesquisa que conseguir corroborar maior conteúdo empírico e for, relevantemente, mais audacioso em suas predições, em relação ao seu rival, conquista uma supremacia científica aumentando, assim, o seu poder heurístico como programa de pesquisa científico atuante em uma dada análise histórica (LAKATOS, 1993).

3.5 Perspectivas de convergências epistemológicas entre as epistemologias de Gaston Bachelard e Imre Lakatos em relação à História da Ciência

Discutir epistemologias da Ciência relacionadas à historicidade científica envolve a necessidade de expandir olhares sobre o mundo; de refletir os detalhes tênues de cada perspectiva epistêmica, como também os pontos estruturantes essenciais da natureza epistemológica de cada filósofo, gerando assim, quase que inevitavelmente, uma nova lente cognitiva ao olhar do pesquisador. Lakatos e Bachelard se caracterizam pelo eixo racionalista da epistemologia científica contemporânea, de maneira a compreenderem que o caminho

guiado pela razão constitui-se na vertente mais adequada ao cunho evolutivo de honestidade intelectual que o pensamento científico deve ascender. Ambos caracterizam-se como epistemólogos da nova filosofia científica que trazem em sua essência uma hibridização envolvendo um produto de ideias filosóficas constituídas por uma natureza epistemológica da História da Ciência, em amplitudes dinâmica e evolutiva, normativa, racional objetiva e, naturalmente, dialética.

Dessa forma, a próxima seção deste artigo buscará apresentar, na estrutura de meta-textos, elementos teóricos convergentes entre as epistemologias de Bachelard e Lakatos que culminam e demarcam um posicionamento conceitualmente e proposicionalmente cunhado como História da Ciência.

3.5.1 A psicologia da descoberta científica cunhada pela razão objetiva e a contrariedade à visão acumulativa do conhecimento pela epistemologia tradicional

Lakatos e Bachelard são contrários ao entendimento acumulativo do processo de desenvolvimento da Ciência, pois entendem que o desenvolvimento do pensamento científico não ocorre de maneira linear e acumulativa, como defendia-se na epistemologia tradicional. Em relação ao processo de descoberta científica, ambos epistemólogos defendem uma psicologia da descoberta científica por uma razão objetiva⁹. Ao olhar lakatosiano (inspirado na inter-relação dos três mundos de Popper: lógico-matemático, físico e psicológico), a descoberta científica não adentra na psicologia social, delegando a critérios exclusivos da razão o entendimento da construção do pensamento científico. No olhar bachelardiano “[...] a psicologia da atividade objetiva é a história de nossos erros pessoais” (BACHELARD, 1996b, p. 293). Além do mais, ambas epistemologias convergem ao entendimento de que o conhecimento científico emerge a partir da fomentação de problemas; são as perguntas que alavancam a evolução da razão científica e não a valorização de conceitos absolutos e imutáveis no campo científico (BACHELARD, 1996a; LAKATOS, 1999). “O progresso é avaliado pelo grau de progressividade de uma alteração de problemas, pelo grau de descoberta de novos factos a que nos conduz a série de teorias” (LAKATOS, 1999, p. 39).

O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse sentido do

⁹ No entanto, a natureza dessa razão objetiva, para ambos epistemólogos, distancia-se da razão preconizada pela epistemologia tradicional.

problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo o conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (BACHELARD, 1996a, p. 18).

3.5.2 A História da Ciência como normativa para a avaliação do conhecimento científico

Para Bachelard, uma história normativa baseia-se no seu entendimento de que a historicidade científica deve servir como ferramenta para a evolução do pensamento científico, de maneira a buscar, constantemente, se reciclar a história das ciências sob o olhar da Ciência atual, bem como buscar no passado os cambiantes para se fomentar a evolução da Ciência futura (BACHELARD, 2001).

Neste viés, o pensamento científico só pode instruir-se à medida que se transforma, se retifica em virtude de uma razão que compreende, no seu cerne, a Ciência contemporânea mais evoluída como norte de reflexão (BACHELARD, 2001). Nesta linha racionalista, Bachelard compreende que a História da Ciência deve possuir o seguinte sentido ao campo do epistemólogo:

O epistemólogo, deve, portanto, fazer uma escolha nos documentos coligidos pelo historiador. Deve julgá-los da perspectiva da razão, e até da perspectiva da razão evoluída, porque é só com as luzes atuais que podemos julgar com plenitude os erros do passado espiritual. Aliás, mesmo nas ciências experimentais é sempre a interpretação racional que põe os fatos em seu devido lugar. É no eixo experiência-razão e no sentido da racionalização que se encontram ao mesmo tempo o risco e o êxito. Só a razão dinamiza a pesquisa, porque é a única que sugere, para além da experiência comum (imediate e sedutora), a experiência científica (indireta e fecunda). Portanto, é o esforço de racionalidade e de construção que deve reter a atenção do epistemólogo (BACHELARD, 1996a, p. 21-22).

Desta forma, Bachelard reafirma que “[...] o antigo deve ser pensado em função do novo [...]” (BACHELARD, 1996a, p. 308), enfatizando, assim, que a história deve ser recorrente e compreendida como

[...] uma história que se esclarece pela finalidade do presente, uma história que parte das certezas do presente e descobre, no passado, as formações progressivas da verdade. É assim que o pensamento científico se fortalece na descrição dos seus progressos (BACHELARD, 2001, p. 207).

Evidencia-se, desta forma, que a percepção bachelardiana, tanto ao pensamento científico como à historicidade da Ciência, expressa um olhar que compreende um constante devir e a necessidade de retificar o conhecimento científico em face à sua evolução psicológica

objetiva, valorizando, assim, uma historicidade científica normativa em seus aspectos integrais e formativos.

Se o historiador de uma dada ciência deve ser um juiz dos valores de verdade relativos a essa ciência, onde deverá ele aprender a sua profissão? A resposta não admite dúvidas: o historiador das ciências, para bem julgar o passado, deve conhecer o presente; deve aprender o melhor possível a ciência cuja história se propõe a escrever. E é aqui que a história das ciências, quer se queira quer não, tem uma forte ligação com a actualidade da ciência. Na própria medida em que o historiador das ciências estiver instruído sobre a modernidade da ciência, descobrirá cambiantes cada vez mais numerosos, cada vez mais sutis, na historicidade da ciência. A consciência da modernidade e a consciência de historicidade são aqui rigorosamente proporcionais (BACHELARD, 2001, p. 209).

A Figura 3 a seguir ilustra de modo sucinto a concepção normativa da historicidade científica para Bachelard.

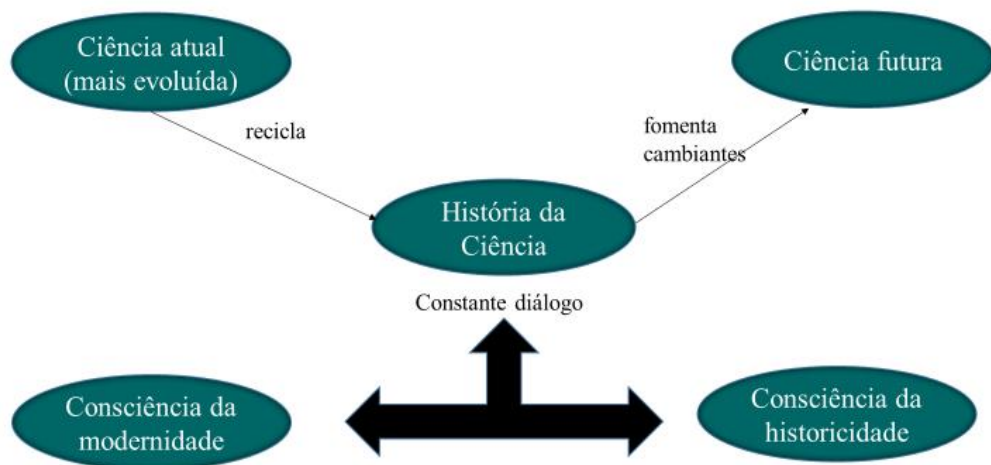


Figura 3- Esquema conceitual ilustrando a concepção normativa da historicidade científica para Bachelard (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Deste modo, Bachelard endossa uma concepção historiográfica que compreende a necessidade de um constante processo racional dialético entre a história ultrapassada e a história sancionada. Valoriza, assim, uma compreensão que defende a História da Ciência como ferramenta evolutiva à Ciência contemporânea (BACHELARD, 1996a).

Por outro viés, tem-se a epistemologia lakatosiana, a qual igualmente valoriza uma perspectiva normativa da História da Ciência. No entanto, Lakatos defende uma visão normativa que compreende a necessidade em se avaliar as metodologias aplicadas sobre as reconstruções racionais produzidas pela história internalista.

A <<história interna>> é definida, normalmente, como a história intelectual; a <<história externa>>, como a história social (cf. e. g. Kuhn, 1968). Minha nova demarcação, não ortodoxa, entre a história <<interna>> e <<externa>>, constitui uma mudança importante do problema e pode parecer dogmática. Minhas definições, no entanto fazem parte do núcleo firme de um programa de pesquisa historiográfica; a

sua avaliação faz parte da avaliação da fertilidade de todo o programa (LAKATOS, 1993, p. 135, tradução nossa).

Na compreensão lakatosiana, a filosofia científica fornece metodologias normativas para o historiador reconstruir a história interna, de maneira a elaborar explicações pautadas pela racionalidade no que tange ao crescimento do conhecimento científico (LAKATOS, 1993). Ao encontro a esta linha de pensamento, Lakatos valoriza uma reflexão de que a história científica compreendida por um viés normativo deve ser interpretada por uma perspectiva historiográfica que se diferencia das vertentes filosóficas que enalteciam as concepções absolutistas e imutáveis concernentes à epistemologia tradicional.

Coexistem várias metodologias na filosofia da ciência contemporânea, mas todas elas são muito diferentes do que costumava ser entendido por <<metodologia>> no século XVII, e até no XVIII. Nesse tempo acreditava-se que a metodologia forneceria para os cientistas um livro de regras automáticas para a solução de seus problemas. Atualmente essa esperança foi descartada; as metodologias modernas ou <<lógicas de pesquisa>> contam, apenas, com um conjunto de regras (possivelmente não muito bem articuladas e, certamente, não automáticas) para a avaliação de teorias já propostas e articuladas. Frequentemente essas regras ou sistemas de avaliação servem também como teorias a respeito da <<racionalidade científica>>, como <<critérios de demarcação>> ou como <<definições de ciência>>. Independentemente do domínio legislativo dessas regras normativas, existe, com certeza, a psicologia e a sociologia da pesquisa, que é de caráter empírico (LAKATOS, 1993, p. 135, tradução nossa).

Ao ver lakatosiano, a valorização de uma historicidade científica continuísta e absolutista, pautada por verdades imutáveis, não reflete potencialidade relevante à evolução do conhecimento científico. Além do mais, a sua defesa advém de seu entendimento de que as teorias historiográficas internas e externas decidem juntas grande parcela dos problemas que o historiador deve trabalhar. No entanto, para Lakatos, os problemas mais relevantes referentes à história externa só podem ser construídos através de concepções metodológicas oriundas da história internalista (LAKATOS, 1993).

A demarcação essencial entre o normativo-interno e o empírico-externo difere de uma metodologia para a outra. As teorias historiográficas internas e externas determinam conjuntamente e, em grande medida, a escolha de problemas para o historiador, mas alguns dos problemas mais importantes da história externa só podem ser formulados em termos de uma metodologia; por isso a história interna [...] (LAKATOS, 1993, p.134-135, tradução nossa).

Lakatos não compreendia, e/ou não aceitava, a historicidade da Ciência sem uma base heurística da filosofia científica, valorizando, assim, uma demarcação entre a história interna e a história externa, cunhada por um prisma dialético racional (como é ilustrado na Figura 4). Tal

discussão relaciona-se à linha tênue em que quais questões devem ser tratadas pela história interna e quais questões devem ser tratadas pela história externa. Sendo que o critério lakatosiano orientador baseia-se em quanto uma metodologia historiográfica consegue evoluir, ou seja, predizer fatos novos historicamente (LAKATOS, 1993).



Figura 4- Esquema conceitual ilustrando a inter-relação entre a história interna e a história externa da epistemologia lakatosiana (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Em linhas gerais, Lakatos traz a defesa de que a historicidade científica deve referenciar-se no cunho da razão e em uma relação dialética entre a história interna e a história externa, visto que, ao ver lakatosiano, “a história da ciência sempre é mais rica que sua reconstrução racional” (LAKATOS, 1993, p.154, tradução nossa).

3.5.3 A razão objetiva como essência norteante da História da Ciência

Como supracitado, tanto Lakatos como Bachelard compreendem a História da Ciência como base estruturante das principais argumentações que constituem suas epistemologias. Em relação ao olhar historiográfico, pode-se dizer que ambos compreendem a historicidade científica sob a lente cognitiva da razão objetiva (BACHELARD, 2001; LAKATOS, 1993).

Bachelard aponta para um olhar “evolutivo psicológico” na compreensão sobre a historicidade, concebendo-a como fonte necessária, em constante processo de reconstrução às questões científicas da atualidade, como também uma ferramenta reflexiva ao processo evolutivo do pensamento científico. “Mesmo no novo homem, permanecem vestígios do homem velho” (BACHELARD, 1996b, p. 10). Dessa forma, essa razão objetiva explicitada por Bachelard compreende a relevância de que o conhecimento científico necessita estar

constantemente questionando o conhecimento anterior. “O homem se apega àquilo que foi conquistado com esforço” (BACHELARD, 1996b, p. 11).

Na compreensão bachelardiana, a formação individual do espírito científico necessita passar por três estados de formação para evoluir (como procura-se ilustrar na Figura 5 a seguir). O primeiro estado formativo denomina-se *concreto*, no qual o espírito apega-se às primeiras ilustrações do fenômeno, deixando-se fundamentar por uma visão filosófica contemplativa da Natureza. Bachelard aponta que este primeiro estado valoriza tanto a unicidade do mundo como a sua pluralidade. Em seu segundo estado formativo, denominado *concreto-abstrato*, o espírito, embora ainda regido pela intuição sensível, adiciona-se à experiência física, noções e representações geométricas que trabalham fundamentando-se em uma filosofia da simplicidade. O seu terceiro (e último) estado formativo denomina-se *abstrato*, pois defende que o espírito científico dissocia-se das informações retiradas do mundo real, isto é, neste estado defende-se a ruptura da experiência imediata, de modo a polemizar declaradamente a realidade primeira (considerada impura e amorfa) (BACHELARD, 1996a).

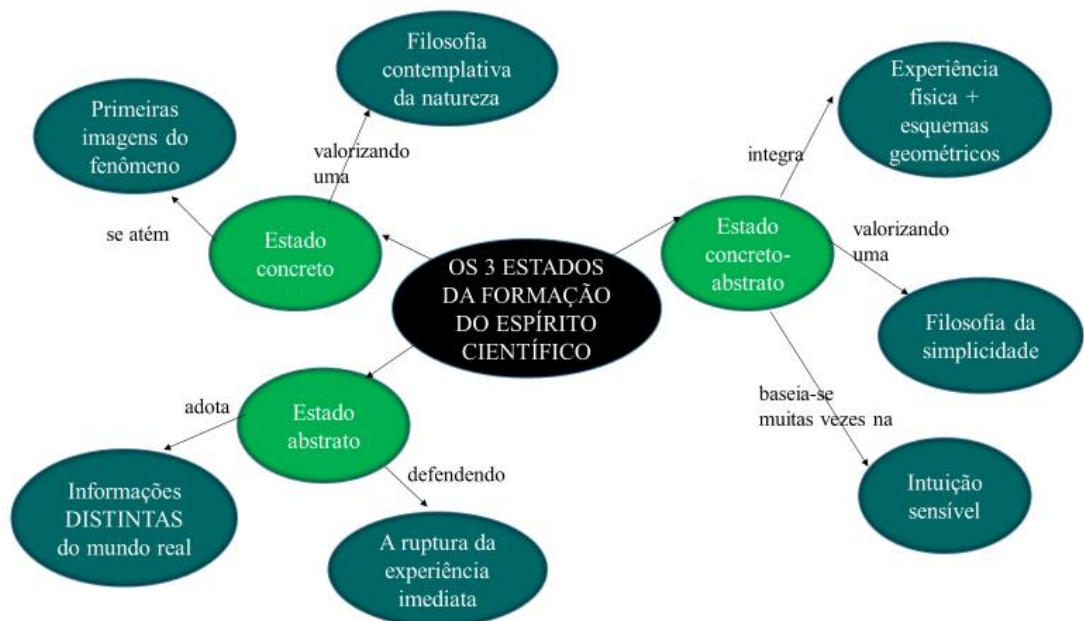


Figura 5- Esquema conceitual ilustrando os três estados de formação do espírito científico (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Dessa forma, a razão bachelardiana baseia-se em uma razão que projeta objeções em seus próprios alicerces, tanto experimentais como teóricos. Aliás, é uma razão que dialetiza objetivamente entre a certeza e o incerto, buscando, na completude das suas sínteses históricas (transformantes), a evolução psicológica do pensamento científico. Assim, a razão objetiva de Bachelard cunha um entendimento da historicidade científica como um cenário recheado de

momentos de rupturas e descontinuidades (BACHELARD, 2001). A seguir, na Figura 6, apresenta-se de forma sucinta um esquema da referida discussão.

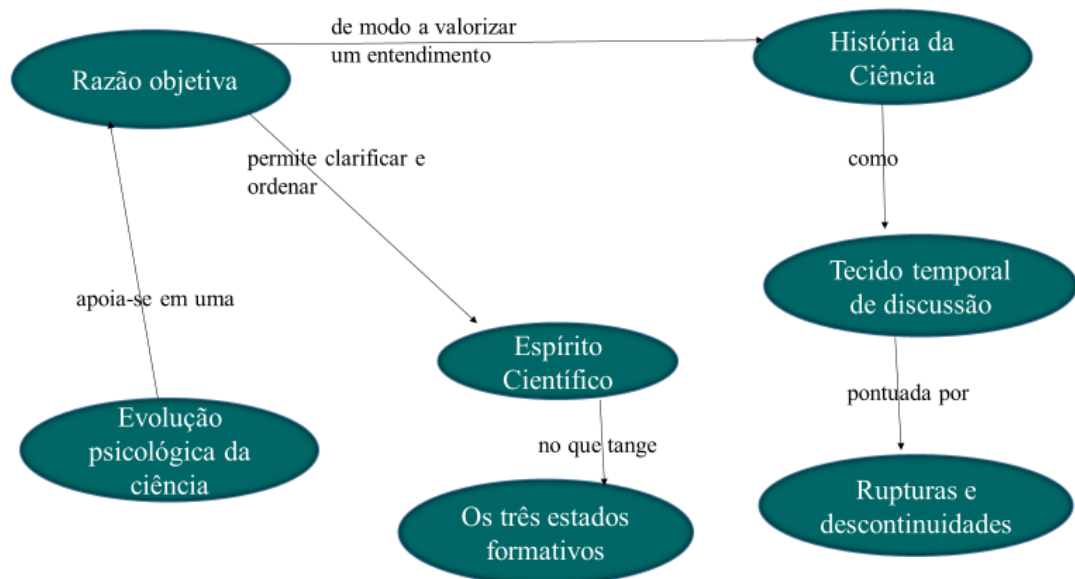


Figura 6- Esquema conceitual ilustrando a natureza epistemológica da razão objetiva contida na concepção de História da Ciência por Bachelard (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

No que tange à perspectiva lakatosiana, deve-se frisar que Lakatos buscou na sua epistemologia refletir de que forma a razão e a história científica contribuíram ao processo de desenvolvimento do conhecimento científico. Neste viés, a sua defesa histórica explicita o caráter de uma razão objetiva (de acordo com o esquema conceitual da Figura 7) como norte referencial de suas ideias epistemológicas. Mais especificamente, Lakatos salienta que o mérito pela construção de seu olhar historiográfico advém, em grande parcela, da defesa popperiana referente à inter-relação envolvendo os três Mundos (lógico-matemático, físico e psicológico), a qual propiciou condições para que Lakatos pudesse construir a sua demarcação entre a história interna e a história externa (LAKATOS, 1999).

Um bom exemplo desta defesa objetiva da historicidade científica envolve o processo metodológico dos programas investigativos, no qual, Lakatos salienta que a maioria dos grandes programas científicos iniciaram o seu desenvolvimento mergulhados “em um mar de anomalias” (LAKATOS, 1999). Como também, reflete que até os programas progressivos na historicidade científica trabalharam as suas anomalias lentamente, dando-se maior ênfase ao caráter expansivo e evolutivo do cinturão protetor (LAKATOS, 1999). “[...] são justamente as teorias científicas mais admiradas que se mostram incapazes de proibir qualquer estado de coisas observável” (LAKATOS, 1999, p.19). Dessa forma, o entendimento de manter um

núcleo firme com caráter irrefutável, demonstra, ao olhar lakatosiano, uma percepção que valoriza a razão objetiva cunhada pela historicidade científica.

A crítica de um programa é um processo longo e, muitas vezes, frustrante e devem tratar-se os programas que germinam com brandura. É claro que se pode mostrar a degeneração de um programa de investigação, mas só a crítica construtiva pode alcançar um verdadeiro êxito, com a ajuda de programas de investigação rivais; e os resultados espetaculares dramáticos só se tornam visíveis recorrendo à visão retrospectiva e à reconstrução racional (LAKATOS, 1999, p. 106).

Além do mais, esta defesa lakatosiana, vai ao encontro do processo de expansão metodológica que a ciência teórica assumiu na contemporaneidade científica, visto que, atualmente tem-se um campo teórico altamente desenvolvido. Como também, tem-se a compreensão de uma essência dialética entre teoria e empiria, a qual converge ao cerne das questões de evolução científica de ambos os epistemólogos (Lakatos e Bachelard), mesmo que em perspectivas diferentes.

A ciência madura consiste em programas de investigação que antecipam não só os factos novos mas também, num sentido importante, novas teorias auxiliares; a ciência madura - ao contrário do trivial ensaio e erro - tem poder "heurístico". Recordemos que na heurística positiva de um poderoso programa de investigação existe, logo de início, um plano geral para a construção de cinturas protectoras: este poder heurístico suscita a autonomia da ciência teórica (LAKATOS, 1999, p. 102).

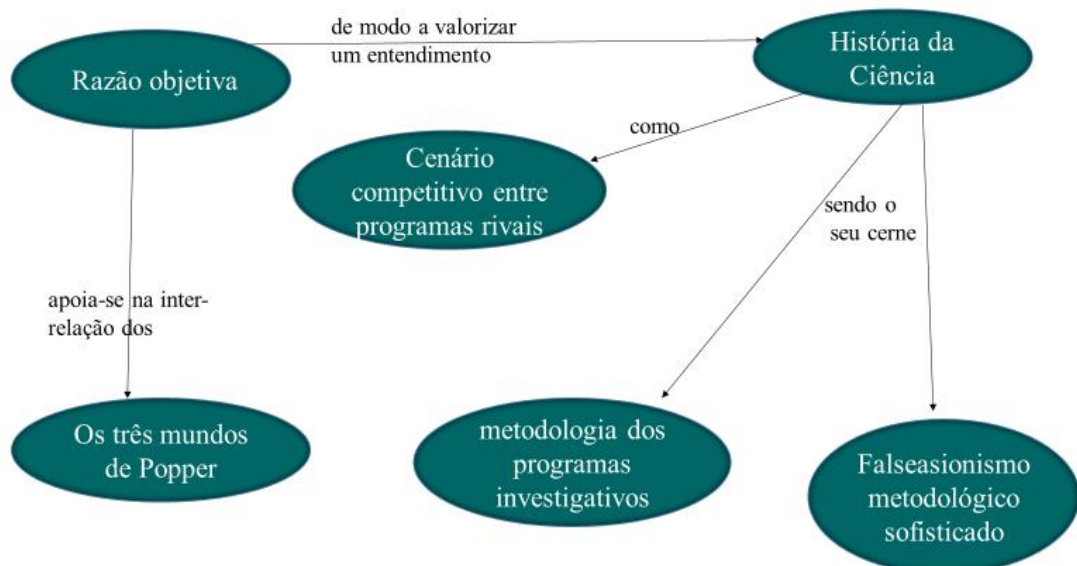


Figura 7- Esquema conceitual ilustrando a natureza epistemológica da razão objetiva contida na concepção de História da Ciência por Lakatos (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

3.5.4 A defesa evolutiva e dinâmica da História da Ciência

Bachelard defende que o conhecimento científico evolui à medida que se busca romper com as concepções primeiras da Ciência, as quais encontram-se contidas nos próprios alicerces de sua estrutura. Segue esta defesa por compreender que o conhecimento científico é recheado de obstáculos epistêmicos que limitam a sua evolução, considerando, assim, necessário que ocorra essa constante ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico para que o espírito científico possa evoluir (BACHELARD, 1996a).

Ao olhar bachelardiano, a História da Ciência é compreendida pelos eixos dinâmico e evolutivo por compreender uma história científica recheada de fontes de irracionalidade do pensamento científico. Bachelard ressalta que a história expõe um desenvolvimento científico pontuado por momentos de rupturas e descontinuidades, nos quais encontram-se as marcas dos obstáculos epistemológicos que o pensamento científico precisou atravessar para evoluir (BACHELARD, 1996a). Nesse enfoque, o conhecimento científico é uma constante aproximação da verdade; compreende-se a necessidade de se expor os erros cometidos na história como ferramenta de reflexão para posteridade do pensamento científico.

Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado (BACHELARD, 1996a, p. 18).

Deste modo, o conhecimento científico se distingue dos outros conhecimentos pela sua natureza racionalista que o compreende sempre como uma reforma das impressões primeiras do pensamento científico (BACHELARD, 1996a).

Não foi a propósito de configuração do mundo, como a astronomia geral, que a Relatividade surgiu. Nasceu de uma reflexão sobre os conceitos iniciais, de um pôr em dúvida as ideias evidentes, de um desdobramento funcional das ideias simples (BACHELARD, 2001, p. 38).

Quanto à perspectiva lakatosiana sobre a historicidade científica, esse autor converge à compreensão popperiana de que as teorias científicas possuem natureza conjectural e provisória (não imutável). No entanto, Lakatos compreende uma relação de tenacidade entre algumas teorias científicas, de maneira a refutar séries de teorias científicas e não teorias científicas isoladas, como defendido por Popper (LAKATOS, 1999). Este entendimento advém de sua interpretação histórica que valoriza uma concepção dinâmica e evolutiva da Ciência como um

cenário competitivo de programas investigativos rivais. O principal critério que estabelece as reconstruções racionais do pensamento científico ao olhar lakatosiano refere-se à relação dialética envolvendo as bases heurísticas de sustentação dos programas investigativos. Sendo que compreende de modo entrelaçado o crescimento das linhas investigativas teóricas (responsável por predizer fatos novos) e das linhas investigativas empíricas (responsável por corroborar os fatos novos).

[...] a falsificação depende da emergência de teorias melhores, da invenção de teorias que antecipem factos novos, então a falsificação não é simplesmente uma relação entre uma teoria e a base empírica, mas uma relação múltipla que envolve teorias rivais, a “base empírica” primitiva e o desenvolvimento empírico resultante da rivalidade. Pode assim dizer-se que a falsificação tem um “carácter histórico” (LAKATOS, 1999, p.40).

Dessa forma, a dinamicidade e o espírito de evolução da história explicitam-se no fato de Lakatos compreender que o pensamento científico deve ser analisado observando o constante processo de alterações de problemas científicos regressivos e progressivos envolvendo a dinâmica dos programas investigativos (LAKATOS, 1999).

3.5.5 A História da Ciência cunhada por uma ferramenta dialética reflexiva

A epistemologia bachelardiana apresenta-se de maneira integral por uma essência intrinsecamente dialética da História da Ciência. Apesar de Bachelard compreender o eixo racionalista como cerne referencial do pensamento científico, defende que a unicidade da Ciência é constituída de uma pluralidade filosófica, ou seja, um conceito científico é constituído por diferentes matizes de correntes filosóficas distintas. “Um conhecimento particular pode expor-se numa filosofia particular; mas não pode fundar-se numa filosofia única; o seu progresso implica aspectos filosóficos variados” (BACHELARD, 1984, p.46). Bachelard se posiciona, dessa forma, contrário à defesa de uma homogeneidade acumulativa e linear no que se refere ao desenvolvimento científico. Em sua defesa referente à evolução psicológica do pensamento científico salienta que o conhecimento científico caminha no sentido da evolução da razão humana. Dessa forma, compreende que a dialeticidade entre a razão e a empiria, entre o objetivo e o subjetivo, são eixos norteadores que fomentam a evolução do pensamento científico. De modo a compreender uma dialética que impulsiona-se por um olhar racional, mas que também compreende a Ciência pelas suas experiências oriundas das lentes cognitivas da História da Ciência.

Se pudéssemos então traduzir filosoficamente o duplo movimento que actualmente anima o pensamento científico, aperceber-nos-íamos de que a alternância do a priori e do a posteriori é obrigatória, que o empirismo e o racionalismo estão ligados no pensamento científico, por um estranho laço, tão forte como o que une o prazer à dor.

Com efeito, um deles triunfa dando razão ao outro: o empirismo precisa de ser compreendido; o racionalismo precisa de ser aplicado. Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente. O valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legítima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência. A ciência, soma de provas e de experiências, soma de regras e de leis, soma de evidências e de factos, tem pois necessidade de um desenvolvimento dialéctico, porque cada noção se esclarece de uma forma complementar segundo dois polos de vista filosóficos diferentes (BACHELARD, 1984, p.10).

Lakatos defende que o crivo da historicidade científica, a qual possibilita compreender a dinamicidade metodológica e evolutiva existente dos programas valoriza pontuais percepções que não podem ser entendidas por uma racionalidade que compreende as teorias de forma isolada. Lakatos entende que deve-se priorizar a liberdade de criação no campo científico, de modo a fomentar a proliferação de diferentes teorias científicas. Sendo que a grande responsável por incentivar, difundir e expandir as linhas teóricas e empíricas internas a um programa investigativo é a sua componente metodológica (com forte natureza dialéctica) denominada heurística positiva (LAKATOS, 1999). Dessa forma, a heurística positiva configura-se como a grande responsável, tanto pelo carácter progressivo como também pelo carácter regressivo, de um programa investigativo em termos de competição no campo científico.

Nesta “dialéctica”, tanta responsabilidade têm os que abrem o caminho como os que ficam para trás. O homem inteligente não é aquele que cria uma “prisão” melhor ou que demole criticamente a antiga, mas o que acerta sempre o passo pela história. Assim, a dialéctica é responsável pela mudança sem crítica (LAKATOS, 1999, p.119).

A visão dialéctica de Lakatos relaciona-se ao seu entendimento cunhado pela historicidade científica de que tanto a base teórica como a base empírica de um programa investigativo oscilam em termos de avanços, retrocessos e momentos de constância em relação à dinâmica heurística dos problemas científicos (LAKATOS, 1999).

A dialéctica dos programas de investigação não é, necessariamente neste caso, uma sequência alternada de conjecturas especulativas e de refutações empíricas. A interacção entre o desenvolvimento do programa e as verificações empíricas pode ser muito variada - qual o padrão que efetivamente se transforma em realidade depende unicamente do acaso histórico (LAKATOS, 1999, p. 76).

Lakatos distingue, assim, a sua compreensão dialéctica envolvendo a metodologia dos programas investigativos em relação ao cenário científico de tentativas e erros elucidado pela perspectiva popperiana. Abaixo, apresentam-se, respectivamente, um mapa conceitual (Figura 8) e um quadro resumo (nº 1), os quais objetivam apresentar a convergência entre as duas

epistemologias supracitadas, de maneira a sintetizar os principais pontos norteadores e estruturantes discutidos nos metatextos elencados nesta seção do artigo.

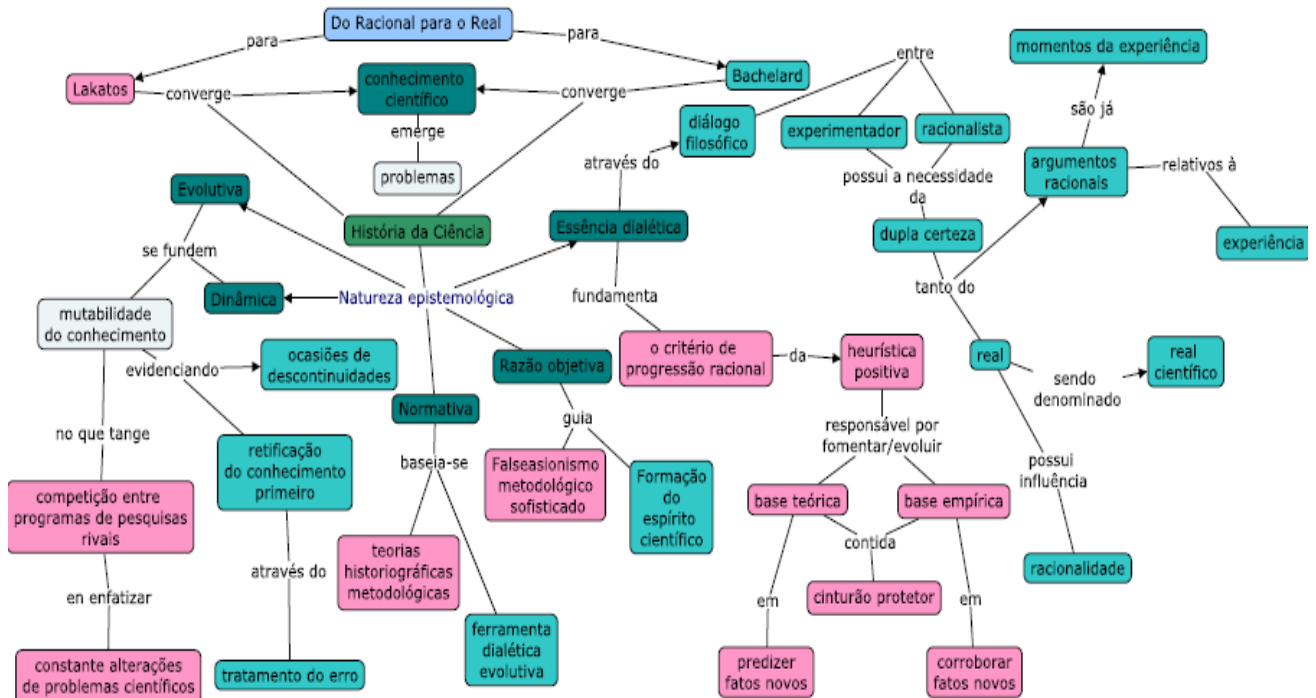


Figura 8- Mapa conceitual ilustrando a convergência epistemológica entre as concepções em Ciência de Imre Lakatos e Gaston Bachelard em relação à historicidade científica (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Quadro 1- Elementos convergentes das epistemologias de Bachelard e Lakatos em relação à História da Ciência.

História da Ciência	Para Lakatos	Para Bachelard
Dinâmica e evolutiva	Relaciona-se à mutabilidade do conhecimento, de modo a compreender a historicidade científica como um cenário competitivo entre programas de pesquisas rivais. Evolução contemplando a visão metodológica da dinâmica competitiva entre os programas de pesquisa rivais.	Relaciona-se à mutabilidade científica na perspectiva de que compreende que o pensamento científico progride à medida que rompe com os seus obstáculos epistemológicos e que a historicidade científica permite visualizar as marcas dos obstáculos que o pensamento científico precisou atravessar para evoluir. Evolução psicológica do pensamento científico.
Razão objetiva	Sua razão objetiva tem como pontual influência a inter-relação entre os três Mundos popperianos. Lakatos compreende no cerne de suas principais defesas epistemológicas (Falseacionismo metodológico sofisticado e a metodologia dos programas investigativos) a	A razão bachelardiana tem como cerne os seus três estados de formação do espírito científico, baseando-se em uma razão que projeta objeções em seus próprios alicerces, tanto experimentais como teóricos. Aliás, é uma razão que dialetiza objetivamente entre a certeza e o

	historicidade científica como a grande clarificadora da razão evolutiva.	incerto, buscando na completude das suas sínteses históricas (transformantes) a evolução psicológica do pensamento científico.
Essência dialética	Baseia-se em seus critérios de progressão racional norteados pela heurística positiva do programa investigativo, de modo a valorizar o entendimento de que não existe desenvolvimento científico sem o crescimento interligado das bases teóricas (predizer fatos novos) e empíricas (corroborar fatos novos).	A essência dialética para Bachelard relaciona-se com a sua defesa de que o pensamento científico necessita de uma filosofia aberta e plural para se expandir. Compreendendo, deste modo, que o diálogo envolvendo filosofias científicas contrárias fomenta o desenvolvimento do pensamento científico.
Normativa	Visão normativa da historicidade científica, na qual compreende a necessidade em se avaliar as metodologias aplicadas sobre as reconstruções racionais produzidas pela história internalista (de cunho epistemológico). A filosofia científica fornece metodologias normativas para o historiador reconstruir a história interna, de maneira a elaborar explicações pautadas pela racionalidade, no que tange ao crescimento do conhecimento científico.	Baseia-se na relação direta de proporcionalidade entre a consciência da historicidade e a consciência da modernidade, no que tange ao desenvolvimento do pensamento científico.

3.6 Considerações finais

Por fim, reitera-se que este artigo almejou apresentar possibilidades de convergências epistemológicas envolvendo as concepções científicas de Lakatos e Bachelard no que tange à historicidade científica, de modo a valorizar uma natureza epistemológica da História da Ciência dinâmica e evolutiva, normativa, racional objetiva e, naturalmente, dialética. Pretende-se, também, que este artigo possa potencialmente constituir-se como uma base fomentadora a novas discussões envolvendo epistemologia, historicidade científica e didáticas envolvendo a Educação Científica e o Ensino de Ciências.

4. EPISÓDIOS EM CIÊNCIA

Episódio em Ciência nº 1

4.1 Uma perspectiva dinâmica e evolutiva da História da Ciência no contexto da química do fogo: do Programa Flogístico ao Programa Calórico de Lavoisier¹⁰

4.1.1 Introdução

Olhar para a História da Ciência assemelha-se a observar o povo de um país distante e com uma cultura essencialmente diferente (WEINBERG, 2015). A História da Ciência nos mostra distintas concepções de mundo, olhares conflitantes sobre nossos tão solidificados pontos de vista pautados por nossos valores morais, éticos e científicos. Quando se busca compreender a história dos cientistas, torna-se limitante percebê-los de maneira isolada e sem relações com tais contextos (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993). Pois, para elaborar-se um retrato histórico coerente torna-se necessário “absorver o espírito” desse singular espaço-tempo, compreender os problemas sociais, dilemas éticos e científicos, como os que tangenciaram entre a religião e a Ciência (filosofia natural) durante o Renascimento no século XVI e o movimento iluminista vivenciado pela sociedade francesa. Como também, o cenário de imaturidade científica/limitações teóricas e empíricas vivenciadas na prematura Química dos séculos XVII e XVIII, além das distinções entre as racionalidades científicas defendidas no desenvolvimento evolutivo da Ciência (CACHAPUZ, 2014; LAKATOS, 1999). “É isso que as ideias têm de bonito: por vezes elas geram indícios que, séculos mais tarde, nos ajudam a compreender os mistérios de suas próprias origens. A montanha nos ergue alto o bastante para que possamos finalmente ver as massas de terra que, afinal, a criaram” (JOHNSON, 2009, p. 53).

Atualmente compreendemos, de acordo com a literatura científica, que o fogo baseia-se em uma reação química de natureza exotérmica, denominada combustão, a qual envolve como reagentes uma substância inflamável ou combustível em contato com o oxigênio contido no ar

¹⁰ Este episódio em Ciência foi submetido em uma primeira versão ao Encontro Regional de Ensino de Ciências (EREC) em 2017 e, após ser construída a convergência epistemológica, pode-se dar uma densidade teórica a este episódio. Salienta-se que uma versão estendida do mesmo foi submetida à revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI).

atmosférico (ATKINS; JONES, 2012). A sua chama representa uma massa de íons que transmitem a beleza do efeito ilustrado pela luz dos seus elétrons energizados “passeando” entre as suas eletrosferas atômicas. Cabe salientar que ao passo que o ser humano começou a desenvolver a técnica do fogo, utilizando do raciocínio lógico para resolver problemas do cotidiano, a humanidade, gradualmente, iniciou o seu processo evolutivo que hoje presenciamos. Como discute Strathern (2002), o ser humano notavelmente aprendeu diversificadas técnicas, tanto envolvendo o manuseio dos metais, como também de outros importantes elementos químicos no decorrer da história. Entretanto o pensamento humano aprendeu a refletir racionalmente sobre os fenômenos naturais envolvidos apenas muito tempo depois, ao longo de sua história (STRATHERN, 2002). Dessa forma, um bom exemplo que aguçou a imaginação e a criatividade humanas no decorrer do tempo foram os debates quanto à natureza do fogo e os diferentes fenômenos envolvendo calor e luz, bem como as possíveis explicações de suas características físicas e sua possível essência elementar.

Este episódio em Ciência visa apresentar e refletir sobre dois programas científicos concorrentes na historicidade científica, os programas flogístico e calórico, os quais marcaram pontualmente o período pré-científico da Química e o nascimento das bases teóricas da Química moderna. No andamento deste trabalho, buscar-se-á apresentar inicialmente o panorama pré-científico no qual o programa do flogístico emerge através de sua hibridização envolvendo as correntes da filosofia natural paracelsistas e aristotélicas. Em seguida, serão explanadas as características principais do flogístico como programa investigativo, bem como, posteriormente, serão apresentadas as ideias dos químicos pneumáticos ingleses quanto aos estudos envolvendo as descobertas dos diferentes tipos de “ares”. Tem-se a pretensão de refletir sobre o momento em que Lavoisier discute com Priestley acerca da descoberta do “ar desflogisticado” e, em seguida, será apresentado o programa calórico com o intuito de inferir sobre os pontos que denotam àquele uma força heurística cognitivamente superior em relação ao seu concorrente: o programa flogístico.

4.1.2 Metodologia

Para mérito de esclarecimentos metodológicos, este texto buscará abordar a temática do *flogístico* ao *calórico* de Lavoisier, sob uma perspectiva histórico-filosófica da Ciência, utilizando-se de uma convergência epistemológica (de acordo com o Quadro 1) envolvendo as concepções em Ciência dos filósofos Imre Lakatos (1922-1974) e Gaston Bachelard (1884-1962). Para tanto, almejou-se pensar a escrita deste episódio tendo em vista um constante

diálogo entre concepções distintas e o entendimento de que, para desenvolver textos em História da Ciência, não basta apenas descrever uma história linear e acumulativa dos acontecimentos científicos, é necessário um olhar dialético entre a história científica e a Filosofia da Ciência, bem como, torna-se relevante uma defesa normativa em relação às escolhas conferidas ao historiador em relação ao tema discutido. Neste viés, a defesa de epistemologias científicas sem valorizar aspectos histórico-filosóficos corrobora em tornar vaga e limitante a grandeza que a História da Ciência poderia evidenciar ao pensamento científico contemporâneo (BACHELARD, 2001; LAKATOS 1999).

Lakatos e Bachelard se caracterizam pelo eixo racionalista da epistemologia científica contemporânea, de maneira a compreenderem que o caminho guiado pela razão constitui na vertente mais adequada ao cunho evolutivo de honestidade intelectual que o pensamento científico deve ascender. Ambos são epistemólogos da nova filosofia científica que trazem em sua essência uma hibridização envolvendo um produto de ideias filosóficas constituídas por uma natureza epistemológica da História da Ciência dinâmica, normativa, evolutiva, racional e, naturalmente, dialética. Salienta-se, ainda, que a presente defesa entre essas duas epistemologias como suporte teórico à escrita deste episódio justifica-se pelo fato de que os referidos filósofos compartilham posições epistemológicas convergentes, no que tange à importância da historicidade científica ao campo da Ciência, bem como o entendimento de que o pensamento científico evolui por constantes retificações de conjuntos racionais ao longo do tempo (BACHELARD, 1996a; LAKATOS, 1998). Dessa forma, além dos aspectos convergentes elucidados no Quadro 1 serão considerados outros pontos, que emergem das visões específicas de cada epistemólogo.

4.1.3 O Espírito Pré-Científico da Química banhado pelas ideias aristotélicas, paracelsistas e mecanicistas de observar a Natureza

A lente cognitiva que norteou grande parte das observações do pensamento químico até o final do século XVIII foi banhada por uma linguagem envolvendo as relações dos princípios e qualidades elementares concernentes à natureza química dos corpos. De modo geral, existiam três diferentes vertentes teóricas que refletiam sobre os fenômenos de transformação da matéria: os aristotélicos, os paracelsistas e os mecanicistas (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Os aristotélicos defendiam a teoria dos quatro elementos e suas qualidades no entendimento das transformações das substâncias, compreendendo a matéria como um substrato amorfo que

banhado por qualidades imateriais possuía a capacidade de originar os elementos fundamentais da Natureza (água, terra, ar e fogo) (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Os paracelsistas utilizavam de uma interpretação com cunho cristão para observar a Natureza, através da teoria tria prima (os três princípios enxofre, mercúrio e sal) para fundamentar as explicações dos processos de transformação dos corpos. Salienta-se que essa teoria sofreu forte influência das ideias dos alquimistas árabes quanto à composição dos metais em termos dos opostos mercúrio e enxofre, cabendo ao professor de medicina Paracelso (1493-1541) a adição do princípio sal à ideia da alquimia árabe. Dessa forma, desenvolvendo uma teoria que possibilitava explicar o processo de transformação de todas as substâncias e não mais unicamente referente aos metais, associando, em muitos momentos, a tria prima aos produtos gerados no processo de destilação (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Os mecanicistas, por outro lado, possuíam influências das concepções newtonianas trazendo a compreensão do entendimento do mundo como uma grande máquina, além de defender uma teoria corpuscular da matéria na qual era concebida a existência do vácuo; tem-se como defensor dessas ideias, o cientista Robert Boyle (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Nos séculos XVII ao XVIII emergiu o programa do flogístico, o qual explicaria grande parte dos fenômenos naturais envolvendo o fogo, calor e luz. Esse programa investigativo convergia ao processo de evolução industrial que a sociedade europeia vinha construindo (ainda em seu estágio inicial), principalmente ao que tange à mineração alemã, trazendo assim um corpo teórico consistente para explicar vários processos concernentes às técnicas de fundição e a manipulação dos metais, em geral (STRATHERN, 2002).

4.1.4 O Programa do Flogístico e sua capacidade heurística

Com fortes influências de princípios oriundos das teorias aristotélicas e alquimistas, o programa do flogístico desenvolveu-se com facilidade por uma comunidade científica ainda muito fragmentada e em busca de uma razão científica norteadora (BACHELARD, 2009; ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993). Realizando uma análise histórica, o princípio lógico norteador do programa flogístico pautava-se em um genuíno equívoco observacional dos fenômenos naturais, visto que as suas bases teóricas eram fundamentadas na observação direta do fenômeno químico fogo. Eram, portanto, constituídas por observações indutivas da experiência imediata, não valorizando observações que se construíssem a partir de elaborações teóricas enraizadas por métodos de contrastes/reflexões dos dados elencados. Além do mais, grande parcela dos cientistas, neste período, não delegava considerável relevância ao uso de

balanças com necessária rigorosidade de precisão, não se preocupando, na maioria das vezes, com as pesagens iniciais e finais em seus experimentos. Fato este convergia a observações muito pautadas nas análises diretas dos fenômenos e recheadas de misticismo nas suas conclusões (BACHELARD, 2009).

O conceito de flogístico havia previamente sido utilizado pelos cientistas Johannes Baptista Van Helmont, Johann Joachim Becher, Robert Boyle, dentre outros. No entanto, é concedido ao químico e professor de medicina, Georg Ernst Stahl (1659/60-1734), o mérito por ter solidificado como um programa científico, de modo a trazer, neste princípio do fogo, explicações referentes a muitos fenômenos envolvendo a transformação da matéria (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Salienta-se que Stahl ao trabalhar na edição do livro *A Physica subterranea* de Johann Joachim Becher (1635-1682), motivou-se a construir uma teoria que explicasse a técnica de fundição na área da mineração alemã, embasando-se, inicialmente, no princípio *terra pinguis* de Becher (STRATHERN, 2002). Além do mais, Stahl percebeu que o conceito *terra pinguis* poderia com eficiência resolver muitos “mistérios” em relação ao processo de combustão, calcinação, entre outros, envolvendo o calor, fogo e os metais (STRATHERN, 2002).

O núcleo firme do flogístico baseava-se, principalmente, na ideia de que determinadas substâncias inflamáveis possuíam um princípio do fogo denominado de flogístico (do grego phlogistós: inflamável), que encontrava-se fixado em todas as substâncias que apresentavam inflamabilidade ou combustibilidade (MAGALHÃES; DA COSTA, 1994). O flogístico só era visível quando liberado ao ar, ou seja, quando encontrava-se no estado demonstrativo do fogo (CHAGAS, 2006). Na compreensão deste programa quando o óxido metálico era adicionado ao carvão e o fogo, obtinha-se o metal, a explicação para este processo era compreendida de modo que o flogístico oriundo do carvão fora capturado pelo metal. Por outro lado, quando o metal sofria calcinação, compreendia-se que o mesmo liberava flogístico ao meio. Nesta linha de pensamento, tem-se o metal como um “óxido flogisticado” e o óxido como um “metal deflogisticado” (MARTINS, 2009). A Figura 9 a seguir ilustra esse processo de “revivificação metálica”.

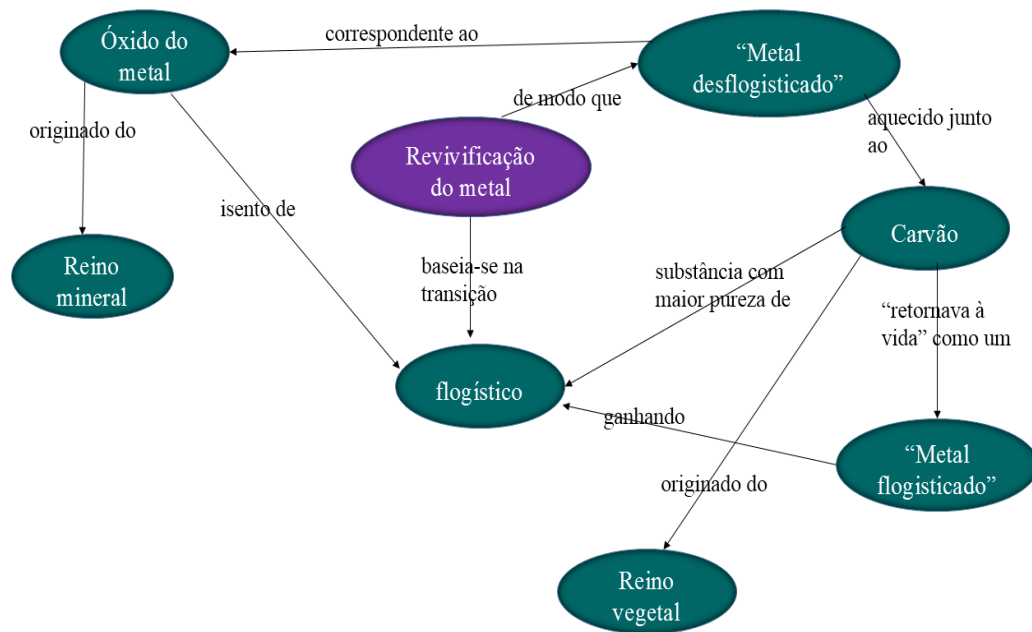


Figura 9- Esquema conceitual ilustrando a explicação *stahliana* referente ao processo de revivificação dos metais (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Até o início do século XVIII o ar era compreendido como uma substância simples, elementar, e os diferentes tipos de ares como diferentes variantes deste mesmo ar (MARTINS, 2009). Os flogisticistas compreendiam que a atmosfera era constituída de ar comum, de modo que os diferentes tipos de “ares” representariam o ar comum constituídos de quantidades distintas de flogístico (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Reitera-se que o flogístico tinha a característica de transitar entre os corpos (reino vegetal, animal e mineral), de acordo com um conjunto de princípios ou afinidades (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993). “Quanto mais rico em flogisto fosse um corpo mais facilmente se inflamava e maior era a sua capacidade para o transmitir a outro corpo [...]” (MAGALHÃES; DA COSTA, 1994, p. 9). Dessa forma, no entendimento do programa do flogístico, a madeira por conter esse princípio do fogo, quando queimada, libera-o ao seu meio natural: o ar, visto que só neste estado de calor e luz (chama) que o flogístico retorna a suas propriedades originais, restando assim, após a queima, as cinzas da madeira. Ou seja, não se considerava a participação do ar atmosférico como componente necessário à queima da madeira, compreendia-se que a madeira possuía esse princípio inflamável e que os fenômenos de calor e luz elucidavam o retorno deste princípio ao seu meio natural.

Como Lakatos (1999) infere, os cientistas possuem a “pele grossa”, ou seja, não abandonam as suas teorias de forma imediata mesmo apresentando fortes anomalias no cerne

do seu programa investigativo. Bons exemplos desse empenho em manter um programa vigente foram as explicações *ad hoc* que o programa do flogístico apresentou para tentar responder às questões problemáticas que apontavam fortes deficiências em seu núcleo firme. Quando os flogisticistas foram questionados pela interação com o ar, logo foram tratando o ar como um transportador (sentido mecânico) de flogístico para explicar a relação do ar e os diferentes processos de transformação envolvendo o flogístico e as substâncias inflamáveis. Essa tendência autoexplicativa do programa flogístico é ilustrada na Figura 10 a seguir, representativa de uma heurística negativa.

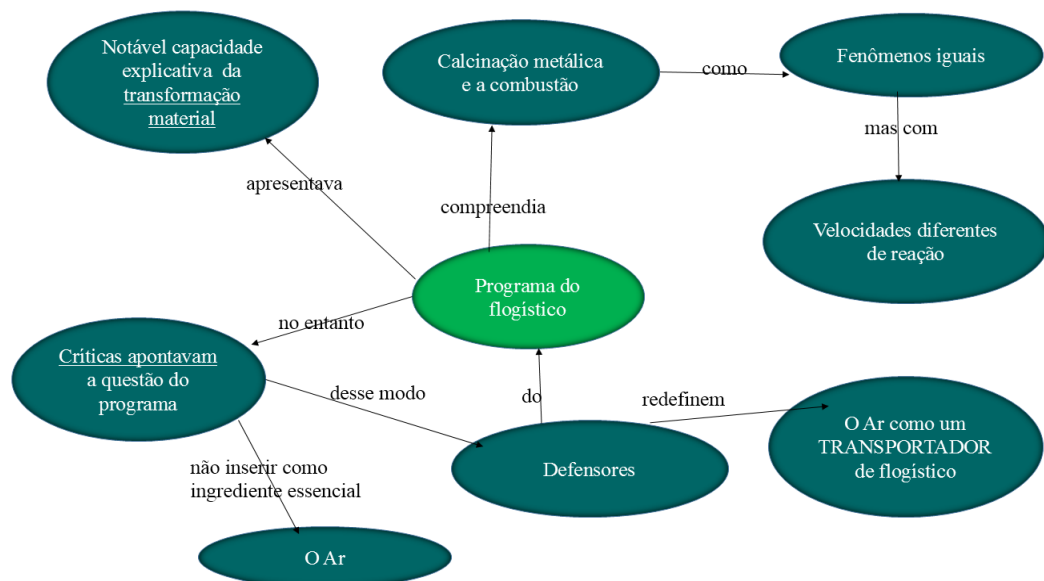


Figura 10- Esquema conceitual ilustrando a tendência autoexplicativa dos fatos observáveis pelo programa flogístico (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Outra questão levantada à época relacionava-se ao aumento de peso no processo de calcinação metálica, pois a cal possuía um peso maior em relação ao metal original. A atitude dada para explicar esta anomalia fora criar dois tipos de flogístico: um com peso positivo e o outro com peso negativo (para o caso das calcinações metálicas) (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993). Essa explicação *ad hoc*, entretanto, não produzia uma abrangência universal como teoria, logo sendo apenas válida para o caso dos metais. Além do mais, o cinturão protetor do programa flogístico constituía-se em defesas fracas, tanto teóricas como experimentais, apesar do flogístico ter sido bem aceito por quase toda Europa nos séculos XVII e XVIII (JOHNSON, 2009). A tendência a apenas se autoexplicar tornou-se uma constante característica regressiva de sua força heurística como programa científico (deixando de prever e corroborar fatos novos), de modo que até os defensores do programa tinham a necessidade de

reformular seus conceitos teóricos, chegando a um ponto em que se tinha uma variedade de compreensões e defesas em relação ao conceito do flogístico que se diferenciavam do núcleo firme do programa.

[...] ao se acompanhar o desenvolvimento de uma reação química, não se tinha nenhum meio de reconhecer se aquela era uma análise ou uma síntese. Essas ideias logicamente tão claras eram de difícil aplicação para uma ciência incipiente. Como, por exemplo, eliminar o papel do ar? Como compreender uma síntese que resulta da combustão de uma única substância? Ademais, a concepção dos imponderáveis, que prejudicava qualquer referência às pesagens, vinha a atrapalhar a distinção entre o simples e o misturado. Compreende-se então a persistência do erro sobre a simplicidade atribuída às terras que, embora mais pesadas que os metais correspondentes, pareciam desempenhar em relação a eles o papel de elementos (BACHELARD, 2009, p. 43-44).

O programa do flogístico contemplava os fenômenos naturais por uma lógica contrária do que compreendemos atualmente. Além do que, valorizavam conceitos que limitavam a fomentação de novas perguntas, de novos olhares teóricos, a defesa do flogístico como um princípio imponderável impedia de prospectar novos caminhos investigativos a essa prematura Química, de modo a representar um robusto obstáculo epistemológico ao desenvolvimento científico. Desse modo, retificando uma das principais defesas teóricas do programa flogístico “[...] quando as coisas se queimam no ar comum, algo está sendo extraído do ar, não ao contrário: moléculas de oxigênio estão, no calor da combustão, se ligando com o que quer esteja em chamas” (JOHNSON, 2009, p. 92).

4.1.5 A Química Pneumática dos ingleses e o novo olhar teórico surgindo na França: o nascimento de uma Idade da Razão

O cenário científico estava adentrando num contexto mais propício para questionamentos que motivavam discussões quanto à composição dos “ares”. Novos estudos apontavam investigações envolvendo a presença de diferentes tipos de “ares”. De maneira geral, pode-se dizer que foi com os químicos ingleses pneumáticos¹¹ que o programa do flogístico assume a responsabilidade de explicar o estudo dos “ares” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

O próprio estudo do ar só começara a florescer como ciência no século anterior com o trabalho de Robert Boyle sobre a compressão e a expansão dos gases no final do século XVII, e com o trabalho mais recente de Black sobre o dióxido de carbono. Antes de Boyle e Black, havia pouca razão para se pensar que existia alguma coisa a investigar: o mundo era cheio de coisas - pessoas, animais, raminhos de hortelã -, e entre todas essas coisas havia o nada. Por que alguém haveria de estudar o nada

¹¹ Os químicos ingleses inauguraram um novo campo de estudos ao pensamento químico da época, o qual era conhecido como Química Pneumática, ou em outras palavras, a área da Química que estudava os diferentes tipos de “ares” contidos na Natureza.

quando havia tão vasta abundância de coisas a explicar? O nada não encerrava nenhum problema que exigisse explicação [...] a falta de um problema claro mantinha as perguntas a distância, e a falta de perguntas deixava o problema tão invisível quanto a própria matéria que respiramos (JOHNSON, 2009, p. 68).

Como Bachelard (1996a) reflete que o pensamento científico desenvolve-se à medida que se elaboram perguntas norteadoras, as ideias científicas não ocorrem de maneira espontânea, mas se perpetuam mediante a construção de perguntas que fomentam a construção de hipóteses, de novos olhares sobre um mesmo fenômeno. Desse modo, como reflete a citação de Johnson supracitada, um dos primeiros cientistas a demonstrar preocupação em estudar o comportamento de compressão e expansão dos “ares” foi Robert Boyle (1627-1691), um químico com fortes influências newtonianas (adotou uma defesa corpuscular da matéria). Boyle, autor da lei¹² que leva o seu nome em sua publicação do livro *O químico céptico* datada em 1661, traz uma importante referência à Química da época, defendendo o conceito de elemento ou corpos simples, embora se distancie da compreensão contemporânea deste conceito (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). Boyle critica ainda, neste livro, o ponto de que as transformações da matéria ocorram sempre em prioridade de três frações (a tria prima de Paracelso) (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Para Boyle

As partículas últimas da matéria seriam entidades extremamente pequenas, sólidas e fisicamente indivisíveis. Movendo-se no vácuo, essas entidades formariam aglomerados coesos e resistentes a operações químicas. Sendo muito difíceis de se romperem, esses corpúsculos secundários atribuiriam características imutáveis aos materiais, tais como, por exemplo, as observadas nos metais. Finalmente, a combinação de corpúsculos secundários produziria as substâncias compostas, que podiam se recombinar facilmente (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 51).

Boyle era contrário à *teoria dos quatro elementos*¹³ e das defesas da alquimia, no entanto, defendia a ideia da transmutação dos metais, trazendo a defesa de que “toda a matéria seria constituída por partículas, nada impediria que elas se rearranjassem de forma a se verificar a transmutação” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 56).

Por outro lado, defesas corpusculares sobre o entendimento das transformações da matéria não foram significativamente valorizadas pela comunidade científica da época. Embora grande parcela dos cientistas se guiasse pela linha teórica do programa do flogístico e compreendesse o ar através de uma lógica elementar, aos poucos, os resultados experimentais

¹² A lei de Boyle estabeleceu que o produto da pressão pelo volume de um gás é constante quando a temperatura do gás é mantida inalterada (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 16).

¹³ De acordo com esta teoria “toda matéria é composta pelas quatro substâncias básicas: terra, ar, fogo e água, às quais Aristóteles atribuiu quatro qualidades: quente, frio, úmido e seco” (GLEISER, 1997, p.74).

e as descobertas de novos tipos de “ares” enfraqueciam, paulatinamente, o núcleo firme do programa flogístico (de modo a fomentar a necessidade de aumentar a sua heurística negativa).

A primeira definição referente ao ar veio do cientista Johannes Baptista Van Helmont (1577-1644) propondo o nome de gás às variadas espécies de “espíritos selvagens”, bem como percebeu que estes diferentes “espíritos” apresentavam específicas propriedades (RAMSAY, 1896 *apud* MARTINS, 2009). Reforça-se que Van Helmont era seguidor das ideias de Paracelso e também alimentava interpretações cunhadas pela religiosidade em suas observações sobre a Natureza, buscando assim compreender o mundo através de uma alquimia divina (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Ele chamou de “gás carbonum” o que é obtido a partir da queima do carvão (o atual monóxido de carbono); de “gás silvestre” o que é produzido na fermentação do vinho e que sai de certas águas minerais (que chamamos de dióxido de carbono); de “gás inflamável” o que sai de matéria orgânica aquecida fortemente (metano) [...] (MARTINS, 2009, p. 179).

Segundo Alfonso-Goldfarb *et al.* (2016) Joseph Black (1728-1799) foi o primeiro químico a demonstrar experimentalmente que o “ar” não seria um elemento primordial, bem como que o “ar fixo” representava uma amostra quantitativa das substâncias estudadas. Muito embora como outros químicos pneumáticos, Black utilizou a linha teórica do programa do flogístico para explicar este “ar”, compreendendo que ele deveria tratar-se do resultado de uma transformação envolvendo um material que integrava as substâncias (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

A ideia de Black para a constituição do “ar fixo” tinha, por certo, origem na explicação que Stahl dava para o fato de os processos de queima interromperem-se quando não havia renovação do ar saturado de flogístico. Esse mesmo ar saturado de flogístico, conforme já haviam observado os stahlianos, era também impróprio para a respiração. Se o “ar fixo” apresentava essas mesmas características, deveria ter alguma relação com o flogístico – ou melhor, usando as palavras de Black, alguma relação com o princípio inflamável (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 84).

Outro ar descoberto fora o “ar inflamável” (gás hidrogênio) pelo cientista Henry Cavendish (1731-1810) em seus experimentos envolvendo as reações químicas entre metais e ácidos (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Na concepção de Cavendish, o “ar inflamável” que provinha desta reação seria o próprio flogístico, tanto que acreditou ter sido o primeiro a conseguir isolá-lo na época (STRATHERN, 2002). Embora Cavendish não tenha sido o primeiro a observá-lo (Boyle já havia realizado experimentos envolvendo um fluido aeriforme inflamável, em 1670) cabe a ele o mérito por ter sido pioneiro na publicação - com riqueza de

detalhes - de seu experimento envolvendo a descoberta do referido “ar inflamável” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

O gás nitrogênio traz a sua primeira referência, em 1772, através das observações experimentais de um aluno de Joseph Black chamado Daniel Rutherford (1749-1819). Ao observar o fogo de uma vela exaurir-se em um recipiente fechado contendo um animal vivo, produzia-se “ar fixo” no referido sistema fechado e restava um segundo tipo de ar residual. Quando analisados estes dois tipos de ares em contato com água com cal, percebeu-se que o “ar fixo” era absorvido pela água e o ar residual ao contrário do que se esperava (favorecesse a vida do animal) não denotava ser um ar respirável. Assim, Rutherford o compreendeu sobre a linha teórica do programa flogístico (de modo a aumentar o seu cinturão protetor no que tange às suas teorias secundárias), refletindo que o ar comum havia absorvido excedente quantidade de flogístico através da vela ou oriunda do animal, dessa forma, o compreendendo como um “ar flogisticado” (MARTINS, 2009).

Como Johnson (2009) reflete em seu livro sobre a fiel amizade envolvendo Joseph Priestley (1733-1804) e Benjamim Franklin (1706-1790) no que tange ao processo de construção de uma nova visão de mundo referente ao conceito de ecossistema, um dos momentos mais singulares que este episódio em Ciência retrata é o ponto envolvendo Joseph Priestley e Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Salienta-se isso pelo valor histórico-científico que um simples encontro envolvendo duas mentes curiosas à Ciência pode inaugurar a transformação de uma nova visão de mundo, como também, edificar o caminho para a construção teórica dos eixos estruturantes de uma Ciência (JOHNSON, 2009).

Joseph Priestley foi um apaixonado empirista da Ciência; tinha prazer em divulgar os resultados dos seus experimentos, não importando se estavam maduros de reflexões teóricas ou não (JOHNSON, 2009). Como Johnson (2009) destaca em seu livro, Priestley encontrou na amizade com os “Wighs honestos”, mais especificamente, de Benjamim Franklin, um grande motivador com questões científicas e um bom amigo para a vida. Iniciou seus estudos científicos no campo da óptica e eletricidade, no entanto, foram nos seus estudos envolvendo os “ares” que expandiu os seus trabalhos na Ciência. Data-se que quando Priestley foi morar perto das redondezas de uma cervejaria começou a observar um distinto ar que desprendia-se durante o processo de fermentação, instigando a sua curiosidade. Mas Black já havia descoberto, na época, esse “ar fixo”, cabendo a Priestley o mérito da primeira água gaseificada (JOHNSON, 2009).

No entanto, foram nos anos de 1773 a 1780 que Priestley vivenciou o apogeu das suas pesquisas científicas. Trabalhando para o Duque Shelburne na função de bibliotecário e assistente geral, através deste trabalho teve a oportunidade de viajar juntamente com seu supervisor para vários locais na Europa participando de jantares e conferências envolvendo divulgações científicas. Como também, conseguiu potencializar a estrutura do seu laboratório e expandir a qualidade de seus trabalhos científicos (MARTINS, 2009). Possivelmente, Priestley foi um dos primeiros cientistas a perceber a relação da respiração das plantas com a respiração dos animais, descobrindo assim o nosso tão importante oxigênio em seus experimentos envolvendo óxido de mercúrio, raminhos de hortelã, velas e camundongos. Sendo sua a ideia de readaptar a cuba pneumática com mercúrio (Hg) (ao contrário do que comumente era utilizada, na época, com água) e a utilização de uma lente ustória, que favorecia o aquecimento das substâncias (visto que concentrava os raios solares com tamanha intensidade e precisão, de modo a aquecê-las) que reside o grande passo evolutivo dos trabalhos científicos de Priestley (JOHNSON, 2009).

Como Bachelard (1984) trata, a tecnologia dialetiza com o campo teórico, de maneira àquela representar uma extensão dos olhos do cientista. Ainda hoje percebemos essa relação dialética no pensamento científico contemporâneo através de exemplos como as máquinas moleculares que fomentaram um novo olhar ao universo da nanotecnologia (Nobel de Química em 2016, atribuído aos cientistas Jean-Pierre Sauvage, Sir J. Fraser Stoddart e Bernard L. Feringa) e a evolução considerável do sistema computacional em relação ao campo científico. Desse modo, analisando retrospectivamente, percebe-se que as singulares ideias científicas foram comumente relacionadas à evolução tecnológica na História da Ciência.

Priestley se entusiasmou com esse tipo de estudo experimental, desenvolvendo aparelhos para coletar e examinar os diferentes tipos de “ar” que produzia. A “cuba pneumática” era um recipiente cheio de água, dentro do qual havia um suporte com furos onde eram encaixados cilindros de vidro, cheios também de água, de cabeça para baixo. Eles eram usados para coletar gases, que eram introduzidos através de tubos. Posteriormente, notando que alguns dos “ares” que estava estudando eram absorvidos pela água, passou a utilizar um aparelho com mercúrio, em vez de água. Ele publicou seus trabalhos sob a forma de vários artigos e, depois, em uma obra com seis partes. Na primeira delas, publicada em 1774, ele apresentou vários tipos de “ar” que havia estudado: o “ar nitroso” (óxido nítrico, NO), “vapor de espírito de sal” (ácido hidroclórico anidro, HCl), “ar alcalino” (amônia, NH₃), “ar nitroso deflogisticado” (óxido nitroso, N₂O) e “ar deflogisticado¹⁴” (oxigênio). Apresentou também nessa obra seus experimentos sobre os efeitos das plantas na renovação do ar (MARTINS, 2009, p. 196).

¹⁴ Salienta-se que será apresentado no texto o “ar desflogisticado” (JOHNSON, 2009) como sinônimo de “ar deflogisticado” (MARTINS, 2009).

Por outro lado, Priestley, apesar de se distanciar de questões envolvendo abstrações teóricas, percebeu a sua descoberta analisando-a sob a linha teórica do programa do flogístico. “Quando a chama de uma substância que queima se apaga, considera-se que o ar está “flogisticado” – tendo absorvido tanto do ingrediente mágico da combustão que nada resta para ser queimado” (JOHNSON, 2009, p. 92). E, dessa forma, o cientista inglês compreendeu que o oxigênio seria um ar sem flogístico, ou seja, um “ar desflogisticado” (JOHNSON, 2009).

Priestley era um fervoroso divulgador científico, apreciava conversar sobre Ciência; em uma de suas conferências estava presente o químico francês Antoine Laurent Lavoisier. Priestley relata o seu experimento referente à descoberta do “ar desflogisticado”, em meio a um discurso científico “cativante” (JOHNSON, 2009). Lavoisier, na época, já havia de certo modo encontrado em suas análises experimentais muitos pontos fracos quanto ao programa do flogístico, então, refletiu acerca das informações que Priestley apontou sob um ponto de vista teórico possivelmente diferente (STRATHERN, 2002).

Cabe reforço ao fato de que esse misterioso “ar desflogisticado” já estava sendo estudado por um outro cientista anterior às divulgações experimentais de Priestley, chamado Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), no entanto, Scheele só publicou os seus trabalhos envolvendo a descoberta do oxigênio em 1777, ou seja, posteriormente aos trabalhos de Priestley e de Lavoisier e seu grupo (MARTINS, 2009).

Lavoisier e Priestley possuíam perfis como cientistas muito distintos, Priestley não costumava dar ênfase aos aspectos teóricos e quantitativos, como o uso de balanças para realizar medições das suas amostras analisadas. Era um empirista que não denotava muita rigorosidade teórica no método empírico.

O contexto tecnológico e experimental que lhe havia sido tão propício durante sua investigação inicial sobre o mistério do ar revelou-se pouco adequado quando ele precisou aparar os ataques ao flogístico. Priestley era um cientista qualitativo, não quantitativo. Tinha acesso às balanças miraculosamente precisas que davam forma a tantas coisas na nova química de Lavoisier, mas raramente invocava medições tão rigorosas em sua pesquisa. Todos os desdobramentos imprevistos em sua filosofia natural eram de natureza quase existencial: a planta viveu; o camundongo morreu; a chama apagou-se. A nova abordagem do francês, por outro lado, era a história de minúcias: o gás pesava uma fração de grama menos que o outro. Para descobrir que havia um ar mais puro que o ar puro eram necessárias as habilidades analíticas qualitativas- e o estilo improvisador- que o inglês possuía em abundância. Mas para definir a composição química do ar era necessária uma caixa de ferramentas diferente, tanto mental quanto tecnológica (JOHNSON, 2009, p. 135-136).

Este singular químico francês nasceu em uma família nobre da sociedade francesa. Tendo acesso a uma educação com qualidade (à época) e trabalhando com importantes figuras

da história do pensamento científico, exemplo: o mineralogista Jean Etienne Guetard. Apesar de ter se formado em Direito, Lavoisier deslocou-se para o campo de estudos envolvendo a Química, recebendo logo no início da sua imersão ao mundo da Química “[...] em 1766, um prêmio por ter apresentado um plano para a iluminação de Paris utilizando novos combustíveis - mais eficazes e mais baratos dos que os até então utilizados” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 115).

Lavoisier era um idealizador de projetos, gostava de investigar problemas científicos e os planejava meticulosamente com a rigorosidade e atenção ao seu método empírico. Creditava ênfase a análises que possuíam a razão como norte observacional, buscando afastar-se de conclusões pautadas que se distanciavam da lógica evidenciada pelos resultados experimentais (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993). Portanto, o olhar científico construído pela visão teórico-metodológica de Lavoisier valorizava uma concepção científica que compreende a Ciência como uma construção racional, a qual desenvolve-se a partir da busca por resoluções de problemas. Como também, enfatiza uma necessária dialeticidade entre técnica e teoria, através dos seus aparatos tecnológicos (balança, lente ustória, termômetros, entre outros) como extensões teóricas em suas análises experimentais.

4.1.6 O Programa do Calórico como um concorrente ao Flogístico

Seria correto dizer que Lavoisier escreveu as primeiras linhas que abriram novos olhares para este denso e infinito livro que contempla o mar de conhecimento da nossa Química contemporânea? A importância do programa do calórico para o desenvolvimento da Ciência atual relaciona-se à construção das bases fundamentais do pensamento químico. Apesar de Lavoisier compreender e defender muitos pontos equivocados do ponto de vista do atual conhecimento científico, como exemplos, o fluído imponderável do calórico e a sua teoria dos ácidos relacionada ao elemento oxigênio nas reações químicas, tem-se, a partir do seu programa investigativo, o rompimento em grande parcela com as visões aristotélicas e alquimistas, as quais estavam enraizadas no pensamento químico no que tange ao entendimento dos processos de transformação da matéria. Além do que, a partir do programa do calórico, apresenta-se o nascimento da compreensão envolvendo as transformações químicas, de maneira a representar o âmago do conceito de reação química que a nossa Ciência contemporânea fundamenta-se. Em seu livro *Tratado Elementar de Química*, Lavoisier ressalta

Ninguém deixará de ficar surpreso de não encontrar em um *Tratado Elementar de Química* um capítulo sobre as partes constituintes elementares dos corpos, mas ressalto aqui que essa tendência que temos de querer que todos os corpos da natureza

só sejam compostos de três ou quatro elementos está ligada a um preconceito que nos vem originariamente dos filósofos gregos. A admissão de quatro elementos que, pela variedade de suas proporções, compõem todos os corpos que conhecemos é uma pura hipótese imaginada muito tempo antes que se tivessem as primeiras noções da Física experimental e da Química. Não havia fatos, tratava-se de formar sistemas; e hoje, que reunimos fatos, parece que nos esforçamos para rechaçá-los quando irão se enquadrar em nossos preconceitos; isso é tanto mais verdade na medida em que o peso da autoridade desses pais da filosofia humana se faz sentir a ela, com certeza pesará sobre as gerações vindouras (LAVOISIER, 2007, p. 20).

Lavoisier enfatiza em sua reflexão supracitada a necessidade em se repensar as teorias defendidas sobre a compreensão da matéria, de modo a criticar a sujeição sem criticidade da comunidade científica aos filósofos gregos. De maneira geral, pode-se dizer que as teorias têm a função de fazer-nos compreender e explicar os fenômenos investigados por um “zoom maior ou menor” de acordo com a sua força heurística para fomentar e responder novas perguntas, assim como, em relação à dinâmica competitiva envolvendo os programas do flogístico e o programa do calórico, ambos encontravam-se imersos em obstáculos epistemológicos que limitavam as reflexões quanto à natureza dos processos térmicos e energéticos em geral. No entanto, o programa do calórico redefine e transforma toda uma visão de mundo solidificada pelo mundo antigo e inicia juntamente com seus colaboradores a construção de uma nova linguagem química e a estrutura basilar de certo modo, do pensamento químico contemporâneo. Apesar de Lavoisier defender uma posição filosófica que converge às vertentes racionalistas e empiristas ingênuas da sua época, visto a sua defesa incessante em colocar a Química no caminho lógico da razão dos fatos concretos, bem como o seu entendimento que é através da empiria que o conhecimento científico pode ser fielmente captado, por outro lado, analisando sobre a linha retrospectiva da historicidade científica, o *não* que o pensamento lavoisieriano denota ao programa do flogístico, reconstrói e fomenta novos olhares e novas soluções para problemas centrais que a prematura Química da época denotava considerável inércia cognitiva em solucionar e explicar com potencial heurístico.

Cabe valorizar que, em consonância à concepção dos autores deste artigo, o programa do calórico foi responsável por dar a primeira aplicação prática (noção procedimental) ao conceito de elemento construído por Robert Boyle (MAAR, 1999). Essa simples modificação envolvendo a concepção elementar construída por Lavoisier viria a modificar toda a estrutura conceitual em que o pensamento químico embasava-se, permitindo conseqüentemente um novo olhar sobre os processos de transformação da natureza com uma maior riqueza de interpretação e fluidez de novas ideias potenciais ao campo científico.

Juntamente com os cientistas franceses Guyton de Morveau, Berthollet, Fourcroy, Jean Henri Hassenfratz e Pierre August Adet construíram uma nova nomenclatura química (aplicada posteriormente em seu *Tratado*). O cientista Guyton de Morveau (1737-1816) era o responsável pela criação de uma nova nomenclatura química que deveria compor uma das partes da obra *Enciclopédia* (CARVALHO, 2012), apresentando, assim, uma proposta teórica a Lavoisier, Berthollet e Fourcroy. Salienta-se que Lavoisier e os outros cientistas mostraram-se motivados a construir o referido projeto teórico, como também, Lavoisier potencialmente frisou as suas ideias teóricas na constituição das bases desta nomenclatura química. Era um consenso entre o grupo de pesquisadores que a nova nomenclatura se estruturasse de maneira clara e racional. Assim, a maioria das palavras novas da nomenclatura química teve origem no vocabulário grego, de modo a valorizar, na etimologia grega, o propósito de que os nomes das substâncias remetessem aos seus reais significados ou as formas que as mesmas eram encontradas na natureza (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

A impossibilidade de isolar a Nomenclatura da ciência e a ciência da Nomenclatura está relacionada com o fato de que toda ciência física é necessariamente formada de três coisas: a série de fatos que a constituem, as ideias que a lembram, as palavras que a exprimem. A palavra deve fazer nascer a ideia, a ideia deve representar o fato; fazem-se três impressões de um mesmo selo e, como são as palavras que conservam e transmitem as ideias, disso resulta que não se pode melhorar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência, nem a ciência sem a linguagem, e que por mais certos que fossem os fatos, por mais justas que fossem as ideias geradas, elas ainda só transmitiriam impressões falsas, se não tivéssemos expressões exatas para designá-los (LAVOISIER, 2007, p. 17).

A nomenclatura vigente da Química possuía fortes traços da alquimia e norteava-se por uma lógica confusa e distante de pontos racionais entre os nomes das substâncias e os seus reais significados. Dessa forma, essa nomenclatura química vinha reduzindo e limitando a construção de bases sólidas do pensamento químico, visto que “para os alquimistas, o conhecimento não deveria ser revelado a todos [...]” (CARVALHO, 2012, p. 760) e, seguindo esta lógica, valorizavam preceitos que fomentavam a obscuridade e a misticidade no cerne da Química. Sendo assim, um dos pontos centrais que foram cruciais para que o programa do calórico conseguisse se desenvolver foi a construção dessa nova nomenclatura química proposta por Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet, Fourcroy, Jean Henri Hassenfratz e Pierre August Adet.

Lavoisier introduziu duas modificações importantes no projeto inicial de Guyton de Morveau: baseou as denominações na sua própria teoria (antiflogístico) e sublinhou que a nomenclatura deveria refletir a natureza. Lavoisier inspirou-se em Condillac: linguagem e conhecimento são indissociáveis e, por isso, refazer a linguagem é refazer a ciência. A *Lógica de Condillac* foi publicada em 1780 e fornecia os argumentos teóricos necessários à justificação das mudanças defendidas por Lavoisier. A nova nomenclatura proposta por Lavoisier e seus colaboradores tinha um conteúdo

“ideológico”, pois quem a aceitasse estaria consequentemente aceitando a teoria do oxigênio, unificadora dos fenômenos de oxidação, combustão, respiração e acidez (CARVALHO, 2012, p. 762).

Deste modo, a nova nomenclatura química colocava o pensamento desta prematura Química em uma perspectiva conceitual e empírica significativamente direcionada a uma defesa racional de compreensão da Natureza, ou mais especificamente, de compreensão dos processos de transformação da matéria (MAAR, 1999). Em uma de suas reflexões sobre a nova nomenclatura química, Lavoisier salienta o seu olhar avesso às defesas místicas na compreensão da matéria: “tais distinções não são feitas, como se poderia pensar, somente pela metafísica; elas o são pela natureza” (LAVOISIER, 2007, p. 22).

Ao olhar lavoiseriano, compreendia-se que tanto os ácidos como os óxidos eram oriundos do mesmo princípio gerador (o oxigênio): “as substâncias metálicas que foram expostas à ação simultânea do ar e do fogo perdem seu brilho metálico, aumentam de peso e adquirem uma aparência terrosa; são nesse estado compostas, como os ácidos, de um princípio que é comum” (LAVOISIER, 2007, p. 22), como também de um outro específico que determina a sua essência individual. A palavra gás criada por Van Helmont, a qual denotava a diversidade de espíritos selvagens, passa a solidificar um novo significado a partir da nova nomenclatura química, de modo a representar os fluídos elásticos que integram a atmosfera terrestre.

[...] conservamos, a exemplo do sr. Macquer, a palavra gás empregada por Van Helmont e dispusemos sob essa denominação a classe numerosa dos fluidos elásticos, fazendo, entretanto, uma exceção para o ar da atmosfera. A palavra gás é, portanto, para nós um substantivo genérico, que designa o último grau de uma substância qualquer pelo calórico; é a expressão de uma maneira de ser dos corpos (LAVOISIER, 2007, p. 51).

Pode-se dizer que a química francesa vivenciava um período rico e fértil de produção envolvendo redes de conhecimento científico entre os cientistas. Lavoisier, após a construção da nomenclatura química com seu grupo de pesquisa, em 1789 elabora o seu famoso livro *O Tratado Elementar da Química*, no qual apresenta os resultados experimentais auferidos durante vinte anos no seu laboratório (CARVALHO, 2012). O *Tratado Elementar da Química* representa historicamente a aplicação pura da construção teórica referente à nova nomenclatura química construída por Lavoisier e os demais pesquisadores químicos. Além do mais, esta obra apresenta uma tabela de substâncias simples contendo 33 elementos (incluindo o calórico e a luz como elementos); nomeando os gases hidrogênio (gerador de água), oxigênio (gerador de ácido ou princípio acidificante) e o azoto (sem vida), este último, justamente pelas suas observações de que o gás “alheio à vida” (nitrogênio) não favorecia a combustão e, também, não se relacionava à respiração (JOHNSON, 2009). Nas suas linhas gerais, Lavoisier critica o

fato dos cientistas não valorizarem questões quantitativas, bem como o valor de um planejamento teórico na base dos seus experimentos (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993), expressando, implicitamente, em seus trabalhos o princípio de conservação das massas, embora não o tenha demonstrado explicitamente (MARTINS; MARTINS, 1993). Como Martins e Martins (1993) colocam, Lavoisier não se preocupou em fundamentar uma explicação teórica para a lei de conservação das massas, no entanto, esta é aplicada empiricamente em todos os seus trabalhos em Química. No seu livro *Tratado Elementar de Química*, Lavoisier expõe o princípio de *Conservação das Massas* na sua discussão envolvendo a reação química de fermentação.

Essa operação é uma das mais extraordinárias de todas aquelas que a Química nos apresenta e temos de examinar de onde vem esse gás ácido carbônico que se desprende, de onde vem o espírito inflamável que se forma, e como um corpo doce, um óxido pode transformar-se, assim, em duas substâncias tão diferentes, das quais uma é combustível e a outra eminentemente incombustível. Vê-se que, para chegar à solução dessas duas questões, seria preciso primeiro conhecer bem a análise e a natureza dos corpos que se fermentam e os produtos da fermentação; pois nada se cria, nem nas operações da Arte nem nas da natureza; e se pode colocar como princípio que em toda operação há uma quantidade igual de matéria antes e depois da operação; que a qualidade e a quantidade dos princípios são as mesmas, e que só há mudanças e modificações. É sobre esse princípio que é fundamentada toda a Arte de fazer experiências em Química: somos obrigados a supor em todas uma verdadeira igualdade ou equação entre os princípios dos corpos que se examina e os que deles se retiram para a análise (LAVOISIER, 2007, p. 89-90).

Segundo Maar (1999) a ideia de conservação de massa é um conceito já muito implícito intuitivamente no cenário da Filosofia Natural nesta época; tem-se com os pré-socráticos a defesa de uma matéria indestrutível e eterna, como também com o poeta Titus Lucretius Carus (96-55 a.C) através da sua famosa frase¹⁵ que é equivocadamente atribuída a Lavoisier, pela lei que relaciona o seu nome na História da Ciência. O primeiro a trabalhar empiricamente este princípio de conservação foi o cientista russo Locomonossov (1711-1765) precursor de muitas ideias exploradas posteriormente por Lavoisier. Como coloca Maar “a conservação da matéria como uma noção intuitiva já fora trabalhada por Locomonossov. A novidade introduzida por Lavoisier é a comprovação experimental da conservação de massa, com o uso da balança analítica tão associada a Lavoisier” (MAAR, 1999, p. 737). Pode-se dizer que Locomonossov trabalhava a perspectiva da matéria por um olhar mais físico e, Lavoisier, a explorava por um olhar mais químico (MAAR, 1999).

¹⁵ Na apresentação do livro (*Tratado Elementar de Química*) construída por Diamantino Fernandes Trindade e Lais dos Santos Trindade relata-se que “[...] o tradicional enunciado: na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma não é de Lavoisier mas sim do poeta latino Titus Lucretius Carus (96-55 a.C) que se baseou nas ideias do filósofo grego Epicuro (341-270 a. C) sobre a Física” (LAVOISIER, 2007, p. 16).

Como aponta Bachelard (1996a, p. 26) “[...] é próprio do obstáculo epistemológico ser confuso e polimorfo” como também, em sua defesa de que o conhecimento científico deve estar constantemente sendo reconstruído e questionado no que tange ao seu conhecimento anterior, ele enfatiza que “mesmo no novo homem, permanecem vestígios do homem velho” (BACHELARD, 1996a, p. 10). Desse modo, o programa do calórico, apesar de também possuir em seu núcleo firme um conceito imponderável definido por Lavoisier (ponto fraco do seu programa), distinguia-se relevantemente em relação ao conceito do flogístico como teoria fundamental do programa investigativo. O conceito criado por Lavoisier denominado de calórico representa uma continuidade de uma visão substancialista da concepção de calor, sendo muito provável que Lavoisier tenha se influenciado pelos trabalhos experimentais realizados por Joseph Black (entre 1756-1760) quanto ao calor latente e a capacidade térmica na construção deste conceito (CINDRA; TEIXEIRA, 2005). “[...] Black fez as suas pesquisas acreditando no calor como uma espécie de fluído, uma substância imponderável com a tendência a passar dos corpos mais quentes para os mais frios” (CINDRA; TEIXEIRA, 2005, p. 384). Em convergência, para Lavoisier, a explicação de uma substância material que atuasse como um fluído responsável por uma força repulsiva atuante entre as moléculas dos corpos sustentava de forma convincente os problemas explicitados pela natureza (LAVOISIER, 2007). A seguir apresenta-se na Figura 11 um esquema ilustrando algumas características e influências da substância calórico ao entendimento do programa lavoiseriano.



Figura 11- Esquema conceitual ilustrando as características e influências principais da substância calórico para o programa lavoiseriano (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Possivelmente por influências newtonianas, Lavoisier defende como um axioma próprio de que não poderia haver a presença de calor (sensação de frio ou quente) sem que houvesse a ocorrência de movimento; esta ideia surge com o seu entendimento de que há duas forças contrárias que atuam entre as moléculas dos corpos, sendo uma denominada de atração e a outra de repulsão (qual seria o calórico), assim a quantidade de calórico em um corpo relaciona-se diretamente ao seu estado físico (sólido, líquido, gasoso) (LAVOISIER, 2007).

A compreensão de Lavoisier quanto ao seu conceito elementar do calórico explicita-se em uma das principais defesas do seu programa investigativo. O conceito do calórico fundamenta o entendimento que explica todo o processo de transformações físicas da matéria segundo Lavoisier, bem como a sua explicação envolvendo as trocas de calor entre os corpos. O calórico como um princípio imponderável (e não passível de ser criado e nem destruído) associa-se às novas definições de elemento e do entendimento de reação química proposta por Lavoisier na sua explicação do processo de combustão e, deste modo, formam as leis fundamentais do programa investigativo. A seguir apresenta-se, na Figura 12, um esquema conceitual ilustrando de modo geral alguns aspectos quanto ao núcleo firme do programa e o seu cinturão protetor.

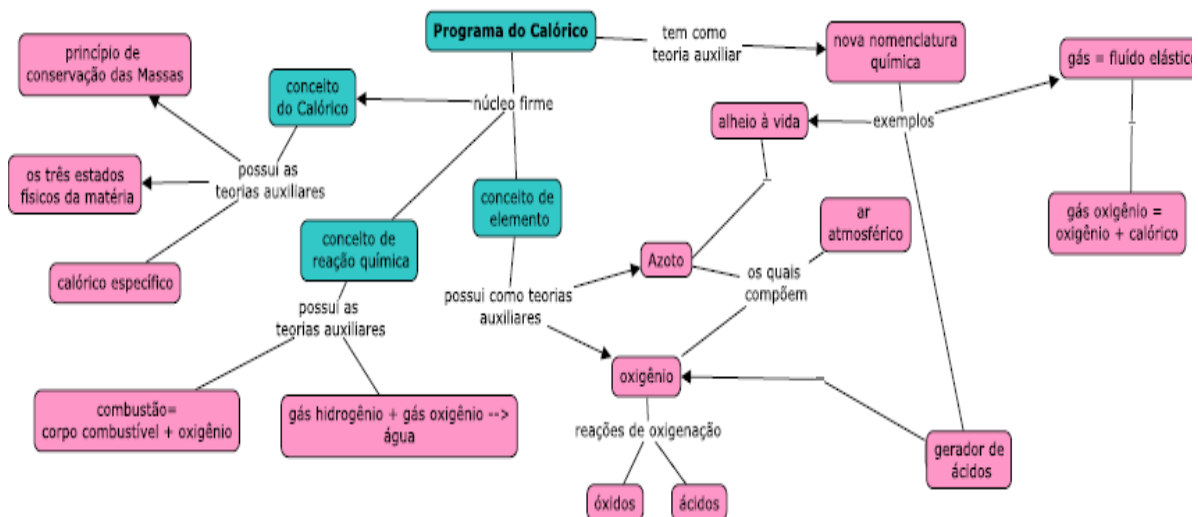


Figura 12- Esquema conceitual ilustrando alguns exemplos que compõem o núcleo firme do programa (cor azul) e o seu cinturão protetor (cor rosa) (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Em seu *Tratado*, Lavoisier (2007) realiza uma espécie de “experiência de pensamento” envolvendo o planeta Terra em diferentes posições no Sistema Solar, de modo a refletir qual seria o comportamento das diferentes substâncias que constituem o planeta se fosse alterada a

temperatura e, desta forma, refletiu o que ocorreria nestas variadas possibilidades de temperaturas. Através dessa experiência cognitiva, Lavoisier reflete que

[...] 1º, que solidez, liquidez, elasticidade são três estados diferentes da mesma matéria, três modificações particulares, pelos quais quase todas as substâncias podem, sucessivamente, passar e que dependem apenas do grau de calor a que elas estão expostas, ou seja, da quantidade de calórico de que são penetradas ; 2º, que é muito provável que o ar seja um fluido naturalmente em vapores ou, melhor dizendo, que a nossa atmosfera é uma composição de todos os fluidos que podem existir no estado de vapores e de elasticidade constante, no grau habitual de calor e de pressão que sentimos; 3º, que não seria, por conseguinte, impossível que se encontrassem em nossa atmosfera substâncias extremamente compactas, como os metais, e que uma substância metálica que seria, por exemplo, um pouco mais volátil do que o mercúrio estaria nesse caso (LAVOISIER, 2007, p. 41).

Lavoisier posiciona-se com uma nova compreensão da atmosfera terrestre, de modo a refleti-la como uma mistura de fluidos (gases) e vapores, se distanciando assim, da interpretação do programa do flogístico em relação ao ar como um transportador (mecânico) de tal princípio elementar. Além do que, uma das ideias centrais do núcleo firme do programa do calórico baseava-se na defesa do processo de combustão consistir em uma transformação química envolvendo o ar oxigênio em contato com substâncias inflamáveis. Ressalta-se neste ponto que a explicação do programa do calórico possui uma força heurística potencialmente superior em relação ao flogístico, respondendo com superior força interpretativa muitas questões estruturais do pensamento químico que o programa flogístico atendia de maneira mediana e regressiva heurísticamente. Cabe ainda endosso na questão de que o programa do calórico abriu caminho para vários campos científicos, tendo como exemplo o campo de estudo da termoquímica. Apresenta-se abaixo a concepção de calor proposta por Lavoisier.

O calor, considerado sensação ou, em outros termos, o calor sensível, é o reflexo produzido sobre os órgãos pela passagem de calórico que se solta dos corpos próximos. Em geral, só o sentimos por um movimento qualquer, e se poderia colocar um axioma, sem movimento, sem sensação. Esse princípio geral se aplica naturalmente à sensação de frio e de calor: assim que tocamos um corpo frio, o calórico que tende a pôr-se em equilíbrio em todos os corpos passa da nossa mão para os corpos que tocamos, e experimentamos a sensação do frio. O efeito contrário ocorre quando tocamos um corpo quente; o calórico passa do corpo para a nossa mão, e temos a sensação do calor. Se os corpos e a mão têm o mesmo grau de temperatura, ou quase o mesmo, não experimentamos sensação, nem de frio nem de calor, porque então não há movimento, não há transporte de calórico e, mais uma vez, não há sensação sem um movimento que a ocasione (LAVOISIER, 2007, p. 37).

A reflexão de Lavoisier em relação ao equilíbrio do calórico envolvendo diferentes corpos da matéria, como também a questão do calor e o movimento associado remetem fortemente à Lei Zero da termodinâmica (formulada posteriormente na História da Ciência), no entanto, ainda consideravelmente recheada de obstáculos epistêmicos em tal compreensão

científica. Os conceitos de energia e matéria encontravam-se em seu estágio evolutivo inicial em relação às concepções defendidas pelo pensamento científico contemporâneo.

De acordo com Maar (1999, p. 719) “Lavoisier iniciou sua atividade científica com temas modestos, geralmente ditados por algum problema concreto a ser resolvido” tais como a produção de salitre, alimentos sólidos para marinheiros, entre outros, não demonstrando, inicialmente, ser um questionador do programa flogístico, e se preocupando em trabalhar os pontos fracos e obscuros que o programa do flogístico evitava questionar, como exemplos, o aumento de peso na calcinação metálica e a natureza do ar (ou dos diferentes tipos de “ares”) nos casos da combustão e calcinação metálica (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). No entanto, após se aprofundar nos trabalhos empíricos juntamente com seus colaboradores, Lavoisier foi, paulatinamente, se distanciando da linha teórica do flogístico e construindo/defendendo hipóteses contrárias, adotando como princípio implícito em seus trabalhos científicos a pesagem das substâncias, rigor este pouco utilizado entre cientistas contemporâneos (MARTINS; MARTINS, 1993).

Lavoisier realizou em 1772 uma série de experimentos envolvendo a combustão e calcinação de diferentes minerais e metais, inferindo como resultados experimentais que os minerais apresentavam considerável aumento de peso da mesma forma que acontecia com os metais em situações semelhantes (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016), defendendo, assim, uma postura cautelosa frente às conclusões dos seus trabalhos empíricos, buscando aferir os resultados antes de divulgá-los. Desse modo, considerou mais coerente manter em sigilo as observações quanto a essas análises, enviando para a Academia de Ciências de Paris, em 1772, uma carta fechada contendo as ideias das referidas análises experimentais e solicitando que a mantivesse intocada até a segunda ordem (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016). Lavoisier provavelmente inclinava-se “[...] convicto de que estava criando as bases de uma nova e verdadeira Química (se assim não fosse, por que o envelope selado depositado em 1772 na Academia?), e nesse sentido recomenda a tabula rasa, com o abandono de todos os conhecimentos anteriores sobre Química e suas teorias” (MAAR, 1999, p. 697). Em seu *Tratado*, Lavoisier traz, como uma reflexão inicial em seu discurso, a sua compreensão de Ciência, de modo a realizar uma analogia envolvendo a forma de aprender de uma criança e o desenvolvimento do pensamento científico.

Quando iniciamos o estudo de qualquer ciência, estamos, em relação a essa ciência, na situação semelhante às das crianças; e o caminho pelo qual temos que avançar é exatamente o mesmo que a natureza segue na elaboração de suas ideias. Numa criança, a ideia é meramente o efeito produzido pela sensação; e, da mesma maneira,

ao se iniciar o estudo de uma ciência física, não devemos formar ideia alguma, mas sim formar aquilo que é uma consequência direta e efeito imediato de um experimento ou observação (LAVOSIER, 2007, p. 18).

Deste modo, na sua busca de refutar o programa do flogístico, Lavoisier enfatiza a sua visão empirista e indutivista em relação ao processo de construção do conhecimento científico, buscando frisar a importância do cientista considerar como ideia científica apenas aquilo que represente um efeito direto e imediato da observação ou de um experimento científico (LAVOSIER, 2007).

A valorização do dado empírico cresce na Ciência europeia no século XVII e sobretudo no século XVIII, e a partir do pensamento de Descartes pouco a pouco converte-se num mecanicismo materialista representado pelos enciclopedistas e por extremos como Lamettrie (“O Homem-máquina) e Condillac, este a principal influência filosófica sofrida por Lavoisier, e que acreditava que o progresso intelectual conduz infalivelmente ao progresso da Humanidade [...] A vitória de Lavoisier não é a vitória da Ciência francesa diante da Ciência inglesa ou alemã, é a vitória do mecanicismo materialista frente à Filosofia Natural e certo universalismo do pensamento (MAAR, 1999, p. 700).

O seio das ideias filosóficas que Lavoisier defendia era fortemente influenciado pelos filósofos Étienne Bonnot de Condillac e John Locke, como também por muitos princípios iluministas, ideias estas expressas tanto em suas teorias científicas, como também em seus escritos quanto ao sistema educacional científico na época (CARVALHO, 2012). Havia um crescente sentimento na sociedade culta da época em buscar registrar e condensar a maior quantidade de conhecimento humano produzido até então. Um bom exemplo disso foi a construção da obra *Enciclopédia* (ou *Dicionário racional das ciências, das artes e dos ofícios*) organizada por Denis Diderot e Jean Le Rond d’Alembert ao longo de vinte anos, constituindo-se em um dos produtos intelectuais mais expressivos do movimento Iluminista, o qual representou um importante momento do desenvolvimento evolutivo da humanidade.

Um aspecto regressivo envolvendo a heurística do programa do calórico envolve a teoria dos ácidos construída por Lavoisier, a qual remete aos seus primeiros trabalhos empíricos em Química, nos quais refletiu que o processo de combustão do diamante, enxofre e fósforo forneciam, respectivamente, o ácido carbônico, ácido vitriólico e o ácido fosfórico (MAAR, 1999), como também

Os experimentos em via úmida levariam Lavoisier a concluir que o “ar eminentemente respirável” seria constituinte de todos os ácidos. Baseado nessa conclusão ele criou um nome para esse “ar”: oxigênio, que em grego quer dizer “formador de ácidos”. Ao considerar que a combustão envolvia o oxigênio, seus produtos deveriam dar origem a ácidos. Essa conclusão veio a gerar, posteriormente, alguns problemas - pois o produto da queima do chamado “ar inflamável” de Cavendish não era um ácido (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 121-122).

Como reflete Bachelard (1996a, p. 19) “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado. Hábitos intelectuais que foram úteis e sadios podem, com o tempo, enterrar a pesquisa”. Desta forma, ao passo que experimentos começaram a questionar a presença de oxigênio nos ácidos, de modo a evidenciar empiricamente que diversos ácidos não possuíam oxigênio em sua composição, tal teoria começou a perder a credibilidade no campo científico. Além do mais, para Lavoisier a combinação do “princípio acidificante” com calor e luz produzia um ar mais puro o qual era retratado por Priestley como “ar deflogisticado”, como também o elemento azoto se combinaria com o elemento calórico para originar a substância azoto, visto que para ele ainda não estava integralmente esclarecida a natureza tanto do calórico como da luz (MAAR, 1999).

Um programa científico não é simplesmente superado por um programa rival através de experimentos cruciais, ao contrário, à medida que um programa científico consegue responder os mesmos problemas que o seu concorrente explica heurísticamente, só que com um grau de predições de fatos novos superior em relação ao seu rival (promovendo um crescimento dialético entre as bases teóricas e empíricas), favorece assim a supremacia de um programa em detrimento do outro (LAKATOS, 1999). Deste modo, o calórico como programa científico rival, além de apresentar um novo conceito de substância elementar (através da concepção de elemento do oxigênio) ao cerne do pensamento químico, refutou vários pontos essenciais do núcleo firme e do cinturão protetor do flogístico, como, por exemplo, o princípio da interconvertibilidade envolvendo os elementos fundamentais (influência de Aristóteles). Através de um experimento que Boyle havia feito em que supostamente tivera conseguido transformar água em terra, Lavoisier questionou tal resultado na sua segunda tentativa desta experiência (na primeira havia concluído os mesmos resultados de Boyle). Ao contrário de Boyle, resolveu dar atenção aos aspectos quantitativos das massas iniciais e finais do sistema fechado, dessa forma, valorizando o princípio de conservação do peso global do referido sistema. Refletiu que o que de fato havia ocorrido era o desgrudamento de um pedaço do recipiente que estava imerso na água aquecida, descartando assim a hipótese de transmutação da água em terra concluída por Boyle (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 1993).

Uma importante explicação experimental envolveu a origem da composição da água, na qual Lavoisier juntamente com a parceria do cientista e matemático Pierre Simon Laplace (1749-1827) concluíram empiricamente que a água seria formada a partir da reação química envolvendo os gases hidrogênio e oxigênio. “A explicação era coerente e convincente. Lavoisier fechava, assim, o ciclo análise-síntese da água. Com isso ele provava que a água não

era um princípio elementar, e providenciava, mais uma vez, uma explicação em que não era necessário recorrer ao flogístico” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p. 123). Cavendish havia realizado a mesma experiência anteriormente, no entanto, Cavendish¹⁶ a explicou sob o ponto de vista do programa do flogístico (STRATHERN, 2002).

Além do mais, Lavoisier com a parceria de Laplace construíram juntos um calorímetro de gelo, o qual tinha como uma das funções principais utilizar o calor latente do gelo através do processo de fusão, no qual, ao entendimento do programa lavoisieriano, o gelo combina-se ao calórico. Sob uma descrição sucinta, o calorímetro era constituído por três recipientes acoplados e isolados entre si, sendo que o recipiente interno comporta as substâncias que irão sofrer processo de transformação química, no recipiente médio tem-se o gelo e, por último o recipiente externo que objetiva recolher água oriunda do gelo derretido (LAVOISIER, 2007). Segundo Lavoisier, as reações de combustão, respiração ou qualquer outra em geral liberam uma quantidade de calórico, de modo a influenciar a fusão de respectiva quantidade de gelo (ou em alguns momentos de aquecimento) permitindo assim a calcular o calórico liberado (LAVOISIER, 2007).

Outro importante conceito desenvolvido pelo programa lavoisieriano foi o calórico específico, o qual correspondia à quantidade respectiva de calórico requerido para elevar em equivalente número de graus a temperatura relativa a diferentes corpos de igual peso (LAVOISIER, 2007). Essa quantidade de calórico relacionava-se diretamente às “[...] moléculas dos corpos, da sua aderência maior ou menor. Essa distância, ou melhor, o espaço que dela resulta, que se chama, como já observei, capacidade para conter o calórico” (LAVOISIER, 2007, p. 37).

Sob tal enfoque, os trabalhos experimentais de Lavoisier e Laplace transcendem heurísticamente os dados empíricos determinados por Black em relação ao seu “calor latente”. Além do mais, Lavoisier e Laplace “determinaram calores de reação e inclusive compararam quantitativamente o comportamento dos seres vivos e corpos inanimados quando em ‘combustão’, pois para Laplace a respiração é uma combustão extremamente lenta que ocorre em todos os órgãos do corpo alcançados pelo sangue” (MAAR, 1999, p. 747).

¹⁶ Um ponto mal elucidado da história é o fato de Lavoisier não ter citado Cavendish nos seus trabalhos, no entanto, este artigo não irá se aprofundar neste aspecto da referida história científica.

A seguir, apresenta-se o Quadro 2, no propósito de ilustrar algumas distinções entre os programas flogístico e calórico abordadas neste texto como de destaque.

Quadro 2- Ilustração de algumas distinções entre os programas flogístico e calórico.

Características distintas entre os programas	Programa do flogístico	Programa do calórico
Concepção monista ou pluralista da matéria	As teorias envolvendo princípios elementares (Aristóteles, Paracelso, Becher)	A noção de elemento (influenciada por Robert Boyle)
Características principais do conceito do flogístico e do calórico	O conceito do Flogístico: Princípio imponderável e inflamável; contido dentro das substâncias inflamáveis ou combustíveis, além de ter relação com a cor e odor das substâncias; Um princípio terroso combinado com o fogo elementar	O conceito do Calórico: Princípio imponderável; indestrutível e não pode ser criado; fluído aeriforme elástico e repulsivo; pode ser sensível ou latente; O calórico representava a causa do calor (sensação de frio e calor), bem como possuía forte relação com os três estados físicos (líquido, sólido, gasoso (elástico) da matéria, sendo responsável pelo afastamento entre as moléculas
Natureza da pesquisa	Qualitativa	Quantitativa
Como era compreendido o ar atmosférico	O ar atmosférico como um transportador (mecânico) de flogístico	O ar atmosférico é composto pelo gás oxigênio e gás azoto
Nomes dados para o oxigênio	“Ar deflogisticado” (Priestley)	Ar vital; ar respirável; oxigênio (princípio acidificante)
Como era compreendida a calcinação metálica	Cal metálica = metal “flogisticado”	Cal metálica = óxido metálico
Problemas explicados pelas heurísticas do flogístico e do calórico	O peso negativo do flogístico (sugerido por Morveau) para explicar o aumento de peso envolvendo a calcinação metálica (teoria secundária ad hoc); Para Stahl a teoria do flogístico explicava de forma convincente questões como a fundição dos minerais, combustão, entre outras	A reação de oxigenação (formava óxidos e ácidos) Para Lavoisier os problemas envolvendo as técnicas de fundição e combustão eram explicadas de maneira superior concebendo o oxigênio como um elemento

Teorias regressivas apresentadas nos dois programas científicos	Revivificação metálica (teoria secundária <i>ad hoc</i>)	O oxigênio como uma base que origina ácidos (a teoria regressiva de Lavoisier)
Concepção de gás	Gás de Helmont (variedades de “espíritos selvagens” com propriedades específicas)	Gás de Lavoisier (representa os fluídos elásticos que integram a atmosfera terrestre)

Cabe ainda destaque ao importante papel de Marie Anne Pierrette Paulze (1758-1836), conhecida como Madame Lavoisier, na história da Química. Madame Lavoisier foi a principal colaboradora de Lavoisier, tendo relevante influência no que tange à divulgação e aceitação do programa calórico pela comunidade científica, traduzindo e auxiliando nas produções bibliográficas do grupo de pesquisa. Como exemplo, tem-se a tradução que Madame Lavoisier realizou sobre a obra *An essay on phlogiston and the constitution of acids* de Richard Kirwan. Nesta tradução ela acrescentou vários comentários do grupo de pesquisa francês quanto às defesas teóricas de Kirwan, valorizando discussões que questionavam fortemente vários pontos do programa flogístico (CARVALHO, 2012).

Por outro lado, a história de Lavoisier vai ao encontro de uma das maiores e influentes revoluções que a humanidade já presenciou: a Revolução Francesa. Além de ser cientista, Lavoisier também trabalhava para uma empresa privada de recolhimento de impostos não muito bem vista pelos revolucionários franceses no cenário caótico do final do século XVIII. E, além do mais, um possível fator que tenha catalisado a relação conflituosa de Lavoisier em relação à revolução foi o seu desentendimento com o revolucionário Jean Paul Marat (1743-1793). “Marat, médico de formação, tinha ambições científicas até o fracasso de seu ‘*Reflexions sur la Physique du Feu*’ (1780), livro em que afirmava ter descoberto o “elemento fogo”, afirmação que merecera a crítica de Lavoisier” (MAAR, 1999, p. 714). Marat após esse desentendimento com Lavoisier começou a fomentar uma imagem negativa do cientista francês à sociedade em pleno clima de revolução, de modo a incitar quase que cotidianamente alguma questão que desmerecesse o caráter de Lavoisier. Como consequência desse contexto, Lavoisier foi levado a julgamento “sob a acusação não comprovada de apropriação indébita e fraude no tabaco” (MAAR, 1999, p. 716) sendo condenado à guilhotina pelos líderes da revolução em um período dominado pela desordem social e valorização da ignorância humana em detrimento da evolução racional do pensamento científico (STRATHERN, 2002).

Ironicamente, os únicos que buscaram interceder por Lavoisier naquele momento conflituoso foram dois adversários no campo das ideias (defensores do flogístico), os químicos Antoine Baumé (1728-1804) e Cadet de Gassincourt (1731-1799) (MAAR, 1999).

O comportamento de Lavoisier nos últimos meses de vida é de uma dignidade que o absolve de pecados e pecadilhos de juventude. Persiste, porém, o grande enigma: por que os amigos e colaboradores de Lavoisier o abandonaram à sua sorte, nada fazendo para salvá-lo? Que constrangedora atmosfera deve ter envolto Berthollet, Guyton de Morveau e Fourcroy, que em nome da comissão de Pesos e Medidas confiscaram documentos e instrumentos do Laboratório de Lavoisier! Fourcroy e Guyton de Morveau, membros da Convenção, não defenderam seu antigo líder. Particularmente Fourcroy indisputa-se com Lavoisier, por razões não inteiramente esclarecidas, embora tivesse intercedido por Chaptal e Darcet. Teriam percebido os ex-colaboradores a inutilidade de qualquer tentativa de salvar o odiado e aristocrático cobrador de impostos? Teriam temido por suas próprias carreiras e vidas? Ou eram guiados por uma crença sincera nos novos ideais republicanos? (difícil de acreditar, pois todos aderiram depois ao Império Napoleônico, recebendo títulos e altos cargos) (MAAR, 1999, p. 715-716).

Não muito tempo depois de Lavoisier ser morto na guilhotina o tribunal inocentou o químico francês e outros integrantes da *fermiers*. Além do mais, os próprios responsáveis pela sentença condenatória de Lavoisier foram levados à guilhotina em um período não superior de um ano após sua morte, como também, devolveram à Madame Lavoisier os pertences escritos e instrumentos retirados do laboratório de seu marido. Madame Lavoisier publica em 1803 trabalhos inéditos de Lavoisier e em 1804 casa-se com Conde Rumford¹⁷, deixando explícita a preferência em ser chamada de Madame Lavoisier-Rumford (MAAR, 1999). No entanto, seu casamento não perdurou por um longo período “[...] tornara-se ela uma mulher amarga e irascível. Afinal, a intolerância dos homens lhe tirara na mesma hora o pai, também guilhotinado, e o marido” (MAAR, 1999, p. 716).

4.1.7 Considerações Finais

“Nenhum homem entra duas vezes no mesmo rio” (STRATHERN, 2002, p.20) - este pensamento de Heráclito (um importante filósofo pré-socrático) colocado para expressar o seu entendimento cosmológico referente a um universo pautado pelo constante estado de transformação da natureza, pode também, por analogia, ser redimensionado aos princípios básicos que alavancam o pensamento científico em relação aos pilares evolutivos de sua essência. A Ciência compreende que instigar a pluralidade do movimento de ideias diferentes, ao contrário da constância da inércia cognitiva de um conhecimento absoluto, é o que promove a evolução de sua essência; um conceito científico, mesmo com tamanha força heurística tem o dever de estar constantemente sendo revisto e retificado (LAKATOS, 1999; BACHELARD,

¹⁷ Ironicamente foi um dos primeiros consideráveis críticos ao programa do calórico.

1996b). Para Lavoisier, a teoria dos quatro elementos impossibilitava reflexões atingíveis em termos experimentais. Lavoisier se diferencia de Priestley por ter uma base teórica mais calcada em fundos racionais; buscando refletir as suas hipóteses/observações utilizando-se de caminhos teóricos pré-definidos. Por outro lado, Priestley se apresentava como um empirista que possuía uma grande paixão pela Ciência, mas que embasava as suas observações retilmente apenas nas relações diretas dos experimentos e sem buscar maiores reflexões teóricas sobre os dados que emergiam da empiria (JOHNSON, 2009).

A história que contempla do flogístico ao calórico de Lavoisier transita por importantes momentos da evolução psicológica do pensamento científico, como o pós-renascimento, a ruptura do pensamento químico com os princípios elementares da alquimia; tem-se a Química adentrando em um contexto quantitativo e com viés significativamente racional (BACHELARD, 2009). A História da Ciência nos mostra que o pensamento científico avança à medida em que se fomenta a pluralidade teórica no campo da Ciência, de modo a se valorizar as perguntas mais audaciosas como força motriz de sua essência (BACHELARD, 2009; LAKATOS, 1999). Dessa forma, o programa do flogístico contemplava uma gama de obstáculos epistemológicos, evidenciados por exemplo, pelas concepções ingênuas e imediatistas oriundas da alquimia articulada às defesas aristotélicas sobre o entendimento da natureza. Bem como, enfatiza-se que a heurística negativa do programa flogístico possuía um corpo teórico muito superior em relação a sua heurística positiva, e, dessa forma, evidenciando o seu caráter regressivo como programa investigativo em relação ao programa do calórico. Por fim, uma das singulares lições que a historicidade da Ciência expõe ao pensamento científico contemporâneo é justamente explicitar a compreensão de que em muitos momentos o brilhantismo intelectual não necessariamente evidencia que a pessoa esteja certa ou errada no que tange a defesa de suas ideias científicas (SAGAN, 2017). Visto que, apesar de possuir uma superior interpretação reflexiva envolvendo os fenômenos da matéria em relação ao programa do flogístico, a diretriz lavoiseriana ainda esbarrava em limitações que a impediam de enxergar/refletir conceitos científicos que se afastassem de concepções substancialistas da matéria. A seguir apresenta-se no Quadro 3 alguns pontos da referida convergência epistemológica em relação ao presente episódio em Ciência.

Quadro 3- Apresentação de alguns pontos discutidos no texto envolvendo a referida convergência epistemológica em relação ao presente episódio em Ciência.

Convergência epistemológica entre Lakatos e Bachelard em relação à História da Ciência	Episódio em Ciência: Do programa do Flogístico ao programa do Calórico
Natureza dinâmica e evolutiva	<p>Ao passo que o programa do calórico consegue explicar os mesmos problemas discutidos pelo programa do flogístico com superior força heurística, tem-se uma supremacia do programa do calórico no campo competitivo da Ciência.</p> <p>Apesar de Lavoisier compreender e defender de forma equivocada, ideias como a o fluído imponderável do calórico e a sua teoria dos ácidos relacionada ao elemento oxigênio nas reações químicas, verifica-se, em seu programa investigativo, o rompimento em grande parcela com as visões aristotélicas e alquimistas, as quais estavam enraizadas no pensamento químico da época, no que tange ao entendimento dos processos de transformação da matéria. Além do que, a partir do programa do calórico, apresenta-se o nascimento da compreensão envolvendo as transformações químicas, de maneira a representar o âmago do conceito de reação química que a nossa Ciência contemporânea fundamenta-se.</p>
Natureza razão objetiva	A construção da nova nomenclatura química representa uma tentativa do programa do calórico em colocar a Química da época no caminho da clarificação da linguagem e das ideias quanto ao norte da razão científica.
Natureza dialética	O calórico como programa científico rival, além de apresentar um novo conceito de substância elementar (através da concepção de elemento do oxigênio) ao cerne do pensamento químico, refutou vários pontos essenciais do núcleo firme e do cinturão protetor do flogístico, como, por exemplo, o princípio da interconvertibilidade envolvendo os elementos fundamentais (influência de Aristóteles).
Natureza normativa	Embora Lavoisier negue os conhecimentos anteriores, este químico francês se utiliza da História da Ciência para superar os pontos obscuros e recheados de irracionalidade da prematura química para a proposição e organização da nova nomenclatura química, a qual objetiva-se fundamentar em bases racionais do pensamento científico.

Com isso, devido à grandeza e à complexidade deste episódio, não é possível apresentar a convergência proposta com compromissos de sua integralidade, mas apenas ilustrar-se, por meio de alguns pontos desta história, dados aspectos convergentes das epistemologias de Imre Lakatos e Gaston Bachelard no que se refere à natureza epistêmica da História da Ciência, no contexto da compreensão teórica da química do fogo.

Episódio em Ciência nº 2

4.2 Principais concepções pré-atomística e atomística de matéria na Grécia Antiga¹⁸

4.2.1 Introdução

Escriver pode ser compreendido como uma atitude de reflexão; escrever sobre a historicidade científica da concepção de matéria pelos gregos antigos é uma forma de retornar ao passado e de poder relacionar e compreender o modo de vida e de reflexão desse povo em tal período histórico. Valorizando, assim, a compreensão de momentos histórico-filosóficos que repercutem um olhar reflexivo sobre o nascimento do pensamento filosófico, como também no que tange às primeiras tentativas explicativas em buscar compreender a sistemática da natureza em sua origem elementar. Dessa forma, defende-se abordagens de temas científicos elucidados por olhares que contemplam discussões pertinentes à essência histórico-filosófica do pensamento científico.

Como dizia Lakatos, parafraseando Kant na seguinte frase “a filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega” (LAKATOS, 1993, p.134, tradução nossa). Com essas palavras, Lakatos ressalta uma de suas principais defesas epistemológicas: a de compreender uma necessária relação dialética que pode ocorrer entre a filosofia científica e a História da Ciência. Em sentido somativo, Bachelard compreende a necessidade em se valorizar uma visão normativa cunhada pela própria natureza da História da Ciência, de modo a contemplar como ferramenta dialética os critérios de julgamento tanto do passado em relação a consciência da historicidade na análise da ciência contemporânea, como também do presente pelos olhares reflexivos evidenciados pela ciência evoluída, no que tange à análise da historicidade (BACHELARD, 2001).

O presente texto, o qual pode ser apresentado como um episódio em Ciência, buscará desenvolver-se utilizando, de forma implícita, as concepções epistemológicas sobre Ciência de Gaston Bachelard (1884-1962) e Imre Lakatos (1922-1974), visto que os autores desse artigo concordam com a concepção desses epistemólogos em caracterizar a Ciência como fruto de um conhecimento humano, mutável e passível de transitoriedade. Além do mais, compreendem a

¹⁸ Este episódio em Ciência foi apresentado em uma versão inicial no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) em 2016.

grandiosidade dessa temática teórica como elemento propulsor do pensamento científico contemporâneo (BACHELARD, 2001; LAKATOS, 1993).

Tem-se na literatura que o conceito de natureza apresentou diferentes formas de compreensão no decorrer da História da Ciência (HOBUSS, 2014; PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011), tendo como ponto de partida inicial o pensamento grego da Antiguidade. De acordo com Gonçalves (2006), o surgimento da Filosofia teve origem concomitante com a filosofia natural, sendo os filósofos gregos os primeiros pensadores a se questionarem sobre as coisas que compõem o mundo por uma tentativa racional.

Essa concomitância de origem entre filosofia da natureza e a filosofia em geral nos permite compreender que o fundamento da primeira é muito menos a física, entendida por uma rede de conceitos científicos empiricamente comprovados, e muito mais a ideia grega de *physis* enquanto totalidade substancial do mundo material (GONÇALVES, 2006, p. 7).

Deve-se salientar que os egípcios desenvolveram um importante raciocínio matemático, como exemplo, os cálculos envolvendo a noção de áreas de terrenos próximas ao rio Nilo (HOBUSS, 2014). Entretanto, essa matemática principiada por esse povo era calcada tendo como fundamento norteador uma simbologia mística de concepção de mundo que impossibilitava ao homem egípcio questionar o seu próprio pensamento (HOBUSS, 2014; PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). E os babilônios, assim como os egípcios, buscaram desenvolver ideias para aplicações práticas de maneira a valorizar um cunho místico nas suas concepções.

Ao contrário dos povos egípcios e babilônios, os quais desenvolveram importantes conceitos matemáticos e astronômicos, os gregos, por sua vez, foram além do misticismo na construção de seus questionamentos, de maneira a buscar uma explicação cunhada na razão e não na misticidade percebida anteriormente (HOBUSS, 2014). Como bem corrobora Nietzsche com esta argumentação, "outros povos possuem santos, enquanto os gregos, por sua vez, têm sábios" (NIETZSCHE, 2008, p. 36).

As influências recebidas pelo mundo grego, seja no campo das ciências ou da arte, adquiriam uma nova forma. Os gregos extrapolaram as influências recebidas, a matemática passa a ter um interesse diverso, buscando estabelecer um estudo científico dos números, fundamentado por demonstrações teóricas. No caso da astronomia, a preocupação babilônia não passou da fase empírica, restringindo-se a propostos astrológicos, sem o interesse científico no qual se pautavam os gregos, que se interessaram mais em desenvolver esforços no sentido de responder, mesmo que erroneamente, questões sobre a Terra [...] (HOBUSS, 2014, p. 16).

O pensamento grego não se direcionava pelo experimento, mas pela especulação. Eles não se interessavam em explicar os elementos da natureza unitariamente, mas sim, almejavam explicar a totalidade do Universo (LEICESTER, 1967). Essas ideias constituíram a essência primitiva de muitos conceitos científicos. Cabe ainda que a filosofia natural grega deixou um grande legado, o qual foi utilizado para compor as ciências alexandrina, medieval e renascentistas (LEICESTER, 1967).

Alguns dos principais conceitos pensados pela filosofia da natureza encontram-se também nas teorias científicas, como “matéria”, “substância”, “força”, “movimento”, “vida” e “organismo”. A semelhança de linguagem, porém, esconde uma grande distinção não apenas metodológica, mas principalmente semântica na utilização desses conceitos por ambas as esferas do saber (GONÇALVES, 2006, p. 8).

A compreensão de mundo que temos hoje em dia difere fortemente das concepções gregas da Antiguidade, bem como da Idade Média, Renascimento e Idade Moderna, visto a compreensão que o pensamento racional da sociedade se modificou através de crises, transformações e momentos de rupturas e descontinuidades na teia das razões do tempo. O olhar recheado de ciência que temos hoje ao observar o céu estrelado da noite já não compreende as misticidades (na maioria das vezes) que a humanidade defendeu como fruto das suas razões divinas por um longo período da história do pensamento humano. O momento em que o pensamento grego construiu uma nova forma de justificar as observações do mundo que o rodeava (se desvinculando do pensamento místico da época), valoriza a reflexão de que a humanidade se desenvolveu rompendo com concepções enraizadas e, reconstruindo, através de seu pensamento racional e imaginativo, um sistema lógico e expansivo na busca da compreensão essencial do mundo (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011).

Em convergência, o olhar objetivo científico exprime uma percepção oriunda de uma razão humana que expressa também o desenvolvimento psicológico evolutivo do seu pensamento racional retificante (BACHELARD, 1996a). A defesa de Bachelard, sobre buscar constantemente romper com as concepções primeiras que a mente humana atenta ao pensamento científico, tem grande relevância em relação ao desenvolvimento da racionalidade científica contemporânea. Exemplificando tal discussão, o conhecimento oriundo do senso comum da natureza é um exemplo de conhecimento primeiro, visto que o senso comum é recheado de visões antigas do pensamento científico. Deste modo, a visão substancialista da matéria explicitada pela História da Ciência evidencia uma concepção primeira sobre o entendimento da origem elementar das coisas que compõem o mundo. Como também, quando olhamos para o céu quando criança e nos perguntamos por que razão o céu é azul? As nossas

respostas seguem o caminho de nossas intuições e “percepções de nossas visões de mundo” se assemelhando, em muitas vezes, com as defendidas por muitos antigos filósofos naturais. Essa recorrência histórica ilustra a importância em valorizar um pensamento racional que busca, constantemente, se reciclar em relação à sua essência epistêmica (BACHELARD, 1996a). Além do mais, cabe a reflexão de que a humanidade evoluiu significativamente, ao passo que compreendeu que o pensamento científico é um dos elementos propulsores de seu progresso (LAKATOS, 1998).

Os gregos desenvolveram, através de seu pensamento filosófico, o conceito denominado *physis* para tentar explicar a grandiosidade existente na natureza. Eles construíram alguns princípios implícitos que reforçavam concepções distintas sobre o pensar a natureza. Alguns a observavam como um organismo vivo e interligado, enquanto outros filósofos a defendiam como um mundo mecânico onde o que determinavam as coisas que formavam sua essência era, basicamente, norteadas pelo movimento e a causalidade dos átomos (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011).

Apesar dos séculos que distanciam essas concepções de seus entendimentos atuais, percebe-se, no âmago do pensar filosófico grego, a primitividade de uma tentativa racional de encontrar explicações para as observações da natureza. Além do mais, o pensamento grego desenvolveu uma filosofia natural recheada de pluralidade teórica. Deve-se frisar que este modo de pensar utilizou, em muitos momentos, as ideias filosóficas dos seus predecessores para desenvolver-se, apesar de haver momentos de pontuais rupturas entre tais concepções envolvendo a natureza (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). Salienta-se ainda, que o contexto histórico de formação dos povos gregos influenciou o desenvolvimento de um povo multifacetado em diferentes pontos de vista culturalmente, bem como, a geografia dessas regiões e as diásporas gregas influenciaram indiretamente para que os gregos não se apegassem a crenças dogmáticas com ênfase e, dessa forma, favoreceu-se o desenvolvimento do pensamento filosófico na Grécia Antiga (STRATHERN, 2002).

Lakatos (1998) reflete sobre a importância de se considerar as diferentes racionalidades científicas produzidas pelo pensamento humano no seguinte excerto: “cada reconstrução racional produz um padrão característico de um crescimento racional do conhecimento científico” (LAKATOS, 1998, p. 154, tradução nossa). Reiterando esse ponto, Bachelard defende que “[...] o espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento” (BACHELARD, 1996b, p. 120). Assim, considerando essa perspectiva epistemológica, salienta-se a importância da civilização grega

da Antiguidade para o desenvolvimento do mundo ocidental, visto que, como argumenta Russel (2012), praticamente muitas das ideias basilares do pensamento científico contemporâneo foram pensadas pela primeira vez por esse povo.

As questões a que os pré-socráticos tentaram responder foram precipuamente questões cosmológicas, mas também havia questões de teoria do conhecimento. Há pelo menos um problema filosófico que interessa a todos os homens: o problema de compreender o mundo em que vivemos e, portanto, a nós mesmos (que somos parte do mundo) e nosso interesse acerca dele (POPPER, 2014, p. 2).

4.2.2 Concepções materiais pré-atômísticas

Acredita-se que o primeiro pensamento fundamentalmente filosófico teria surgido no século VI a.C., por volta de 2500 anos atrás, na Grécia Antiga. O merecedor desse mérito foi Tales, uma personalidade singular no que tange a sua importância ao desenvolvimento do mundo ocidental, o qual viveu na cidade grega de Mileto, na costa de Jônia, atualmente região integrante da Turquia (STRATHERN, 2002; ROSA, 2012; PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, GONÇALVES, 2006).

Supõe-se que a especulação filosófica tenha começado com os jônios; com Tales de Mileto e seu discípulo Anaximandro. E, por certo, algo novo mesmo foi acrescentado por esses dois. Eles adicionaram a abordagem crítica ou a tradição crítica: a tradição de olhar para os mitos explicativos, como o do modelo do universo de Homero e Hesíodo, com olhos críticos. Aquilo que a primeira filosofia grega ou a primeira ciência grega adiciona à criação de mitos é, acredito, uma nova postura: uma postura crítica, a postura de mudar os mitos explicativos à luz da crítica. A esse exame crítico das histórias explicativas, ou teorias explicativas, operado na esperança de aproximar-se mais da verdade, considero característico do que pode ser definido, um tanto vagamente, como racionalidade (POPPER, 2014, p. 131).

Em meio a especulações flutuantes entre o misticismo e as curiosidades pelas coisas que compõem o mundo, o pensamento de Tales fundamentava-se, basicamente, em uma lógica versada pela razão e observação dos fatos (ROSA, 2012). Há relatos históricos de que Tales gostava de caminhar pelos morros ao redor de Mileto, observando a realidade do mundo, e, em uma dessas andanças, teria começado a se fazer a seguinte pergunta: “Por que as coisas acontecem como acontecem?” (STRATHERN, 2002, p. 17). Esse questionamento o fez perceber que a resposta deveria estar pautada em uma explicação teórica sobre a origem das coisas que constituem o Universo. Tales se perguntou sobre o elemento primordial da natureza e, entre um conjunto de observações, se questionou sobre os fósseis oriundos de conchas marinhas que se incrustavam nas rochas próximas à praia, supondo que aqueles morros poderiam ter sido parte do mar (STRATHERN, 2002). De maneira a conceber a água como elemento originário das coisas que compõem o mundo físico, encontra-se a primeira tentativa

racional de explicar a elementaridade da matéria pelo pensamento filosófico grego (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). Como Weinberg (2015) reflete em seu livro, é difícil saber ao certo o que Tales utilizou de fato para embasar a sua teoria: “não sabemos se Tales pensava que as rochas, por exemplo, de fato se formam a partir da água comum ou, apenas, se há algo profundo que a rocha e outros sólidos compartilhavam com a água congelada” (WEINBERG, 2015, p. 25). Mas, tem-se então um primeiro elemento como proposição unitária à composição da matéria: a água (ROSA, 2012). Esta ideia de Tales sobre a água evidencia uma primeira menção referente ao conceito de elemento cunhado por uma essência racional na história (STRATHERN, 2002).

Combinando suas indagações e respostas sobre a composição do mundo, Tales torna-se o primeiro filósofo da natureza, de forma a construir os pressupostos elementares que se compreende como fundamentos do pensamento científico, seguindo a lógica: questionar/criar conjecturas (possíveis respostas), refutar as inconsistências lógicas e fundamentar sua conclusão com base nos fatos observados no mundo real. E isso, de modo a não deixar ideias que se calcavam tanto no misticismo como nos conceitos teocráticos direcionarem as suas indagações sobre o que origina o mundo (STRATHERN, 2002; ROSA, 2012). Desta forma, tem-se o nascimento da essência lógica organizativa que estrutura o pensamento científico: uma primitiva noção metodológica cunhada por um raciocínio crítico.

A escolha pela água reflete os ideais de Tales, dentre os quais está que o constituinte básico da matéria seria um elemento passível de observação, que fizesse parte do mundo dos sentidos e que estivesse presente em todos os corpos. O tipo de análise feito por Tales, observado sob um olhar atual, indica que, para o homem grego, não bastavam apenas as explicações místicas; ele ansiava por explicações racionais. A procura pela racionalização do conhecimento talvez tenha sido o maior legado de Tales (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 7).

Em pouco tempo a forma de pensar iniciada por Tales de Mileto começou a se propagar pelo território grego, tendo como agente fomentador as discussões realizadas por seus discípulos integrantes da Escola de Milésia (STRATHERN, 2002). Essa escola tinha como princípio fundamental buscar explicações do mundo através da observação e da experiência, constituindo uma tentativa primitiva do pensamento humano em desenvolver uma via racional capaz de explicar a natureza (ROSA, 2012). É possível que o maior mérito da Escola de Milésia tenha sido o fato de fomentar um distanciamento entre as explicações teocráticas/místicas do mundo e a observação da natureza. Os integrantes dessa escola traziam como fundamento norteador a observação do mundo através do senso comum e a busca de um “princípio

originário de todas as coisas, de onde todas provêm” (HOBUSS, 2014, p.25), o então denominado *archê*.

Creio que os milésimos, como seus antecessores orientais que viam o mundo como uma tenda, encarassem o mundo como uma espécie de casa, o lar de todas as criaturas - o nosso lar. Não havia, assim, necessidade de se perguntar para que ela existia. Mas havia a necessidade real de se investigar sua arquitetura. As questões de sua estrutura, de sua planta baixa e do material de construção constituem os três principais problemas da cosmologia milésia (POPPER, 2014, p. 9)

Eram frequentadores dessa escola importantes filósofos naturais, que convergiram e discordaram, muitas vezes, em pontos essenciais de suas teorias. Um exemplo disso é o caso de Tales e um de seus discípulos, Anaximandro. Ambos divergiram no que pudesse consistir o elemento primordial da matéria, visto que Tales defendia uma concepção materialista de mundo, tendo como substância fundamental um elemento material e, Anaximandro, trazia a concepção de que o elemento primordial poderia ser algo imaterial, irreconhecível aos sentidos humanos (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011).

Na busca por explicações sobre a constituição básica da matéria, o filósofo Anaximandro de Mileto (610-547 a.C.), discípulo de Tales, propôs o *apeiron* (do grego indefinido). Segundo ele, o *apeiron* não seria uma substância material, e faria parte de uma realidade imperceptível aos sentidos. Esta substância deveria ser eterna, indestrutível e infinita. Também deveria ser dotada de um movimento eterno, que lhe permitiria gerar diferentes formas e corpos, numa eterna dança de criação e destruição. Essa dança seria protagonizada por opostos, como o frio e o calor, por exemplo, que buscavam o equilíbrio (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 7).

Anaximandro inovou o pensamento milesiano nesse período histórico, levando a questionar se o *archê* deveria ser material ou imaterial. Há também grande possibilidade de, tanto Tales como Anaximandro, terem sido influenciados pelas ideias oriundas dos povos indianos e babilônios no que tange à criação do mundo (concepção monista e o fato de um elemento poder se fragmentar e, assim, se dividir em duas substâncias contrárias) (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011).

Outro destacado integrante dessa escola foi Anaxímenes. Esse filósofo notou a existência de uma deficiência teórica nas propostas de Tales e, a partir de então, formulou uma teoria própria à composição material, de modo a construir um novo conjunto de explicações para defender sua própria concepção de elemento primordial (STRATHERN, 2002). Anaxímenes questionou se a água poderia realmente consistir no elemento primordial, de modo a refletir sobre a composição do mundo e as diferenças entre as coisas presentes na natureza (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). Para ele

O mundo estava cercado de ar, o qual ficava mais comprimido quanto mais se aproximava do centro. À medida que se comprimia, se transformava em água; quando a água era mais comprimida, se transformava em terra; ainda mais comprimida, se tornava pedra. Tudo era ar, num estado mais ou menos sólido (STRATHERN, 2002, p. 19).

Assim, Anaxímenes compreendia que o princípio gerador deveria ser uma substância que encontrava-se em todos os lugares, mas que era imperceptível aos sentidos humanos, denominando essa substância de ar (HOBUSS, 2014). Dessa forma, Anaxímenes defendeu que a origem das coisas dava-se pela diferença de compressão do ar, seguindo uma lógica através de processos de rarefação e condensação (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011).

Em meados de 494 a.C., a cidade de Mileto foi invadida pelo exército persa, tendo sido devastada e transformada em ruínas que perduram até os dias atuais. O destino de Anaxímenes ficou desconhecido a partir de então, e a Escola de Milésia teria seu fim com menos de um século de existência (STRATHERN, 2002).

Felizmente, o pensamento filosófico continuou difundindo-se pelo território grego. Esta exemplificação vem da cidade de Êfeso (a principal cidade da Jônia), a partir de um filósofo chamado Heráclito, que desenvolveu uma filosofia com elementos que se diferenciavam das concepções de Tales, Anaximandro e de Anaxímenes.

Os três milésimos viam o nosso mundo como nosso lar. Havia movimento, havia mudança nesse lar, havia o quente e o frio, o fogo e a umidade. Havia um fogo na lareira e sobre ele uma chaleira com água. A casa estava exposta aos ventos e era um pouco ventosa, sem dúvida, mas era um lar e isso significava certa segurança e estabilidade. Para Heráclito, porém, a casa estava pegando fogo (POPPER, 2014, p. 12).

Heráclito concluiu que Anaxímenes teria explicado a origem da diversidade do mundo de forma incompleta, visto a incoerência lógica de Anaxímenes com relação à sua suposição de que se o “ar se transformava em água, terra e pedra” (STRATHERN, 2002, p.20), como poderia ele constituir um elemento primordial da matéria? De maneira geral, para Heráclito, o mundo estava em um constante estado de fluxo, um fogo eterno. Assim, concluiu que o elemento primordial originava-se de uma essência imaterial, a qual deduziu tratar-se do fogo (ROSA, 2012). Para Heráclito

Não há, pois, corpos sólidos. As coisas não são realmente coisas, são processos, elas fluem. São como o fogo, como a chama que, embora possa ter uma forma definida, é um processo, uma corrente de matéria, um rio. Todas as coisas são chamas: o fogo é o verdadeiro material de construção de nosso mundo, e a aparente estabilidade das coisas se deve meramente às leis, às medidas a que os processos de nosso mundo estão sujeitos (POPPER, 2014, p. 12).

Cabe enfatizar que Heráclito, conhecido por criar a ideia de *Lógos*, “[...] de acordo com Heráclito, o equilíbrio é atingido através da necessária complementaridade entre os opostos, a qual ele chamou de *Logos*” (GLEISER, 1997, p.49) como também era conhecido pela apropriação de enigmas e paradoxos na construção de suas ideias filosóficas, inovou o pensamento grego desenvolvendo as bases de um discurso dialético que priorizava a razão (SANTOS, 1990). Cabe enfatizar que a sua filosofia defendia a mudança (transformação) como princípio norteador do Universo. “O Saber desvela a diversidade constituinte do universo: o Um em seu âmago é múltiplo, o Ser é essencialmente Devir. Ei-nos diante de um terrível enigma” (SANTOS, 1990, p. 4).

Neste viés, Heráclito expande sua filosofia de modo a considerar que a apropriação do *Lógos* deveria solidificar uma explicação e distinção de como cada coisa se apresenta no cosmo (SANTOS, 1990). Heráclito defendia que

Os princípios antinômicos, que o *Lógos* reúne em seu dizer, estabelecem entre si um bem ordenado jogo de convergências, em virtude do qual cada um afirma sua natureza, assegurando assim a própria identidade e ainda a identidade do todo. O todo e o não-todo, o convergente e o divergente, o consoante e o dissonante, se isolados, seriam abstrações sem verdade, incompreensíveis: apenas existem, um em função do outro, pertencentes que são a uma mesma (e única) totalidade. Esta, da mesma maneira, sem a permanente presença dos contrários, jamais seria o que em sua essência é (SANTOS, 1990, p. 5).

Como pode-se refletir a partir do recorte anterior, a filosofia de Heráclito compreendia que o caminho para o conhecimento deveria partir da pluralidade de concepções, valorizando um entendimento relacional entre o convergente e o divergente, ou seja, entre o todo e o não-todo. Como Nietzsche ressalta, para Heráclito "o mundo da pluralidade é o mundo do único" (1938, p. 45-6).

Uma concepção cosmológica que divergiu das ideias de Heráclito foi proposta pelo filósofo Parmênides de Eléia (515-450 a.C.). O conceito de imutabilidade do cosmo desenvolvido por Parmênides traz de maneira bastante implícita a ideia da busca pela perfeição (princípio cultivado pela escola pitagórica). Esse filósofo considerava a natureza de forma imutável e estável, pois abrangeria a perfeição. Conceituando desse modo, o *ser* tratar-se-ia da matéria que constitui o Universo e o *não-ser* (mutável e imperfeito) tratar-se-ia do vácuo contemplado pelo movimento (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). Conforme mencionado, Parmênides e Heráclito defendiam concepções que divergem entre si, visto que Parmênides trazia uma concepção que apresentava uma natureza imutável e perfeita à matéria,

enquanto que Heráclito concebia um Universo em constante estado de movimento (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011).

Baseava Parmênides sua teoria de uma realidade imutável numa espécie de prova lógica; prova que pode ser apresentada como decorrente de uma única premissa, “aquilo que não é não é”. A partir daí, podemos inferir que o nada – aquilo que não é – não existe. Assim, o mundo está cheio: consiste num bloco indiviso, uma vez que qualquer divisão em parte só poderia dever-se à separação das partes pelo vácuo [...] Nesse mundo pleno, não há espaço para o movimento (POPPER, 2014, p. 14).

Salienta-se que o posicionamento de Heráclito não se desenvolveu com profundidade na Grécia Antiga, visto que o pensamento filosófico deste período se baseou fortemente em conceitos materialistas sobre a origem das coisas que compõem o mundo. E, por muitos séculos, os filósofos relacionaram as suas concepções como um fruto do misticismo da Antiguidade. Somente a partir do século XX, com as discussões sobre as teorias da relatividade e as questões da teoria quântica da matéria, é que se começou a avaliar racionalmente a ideia de Heráclito, relacionando-o, em analogia, ao conceito de energia apresentado na física moderna (STRATHERN, 2002).

As concepções materiais de Parmênides e de Heráclito não encontraram abrigo nas perspectivas teóricas de Xenófanés, outro importante filósofo contemporâneo aos anteriormente citados. O elemento primordial para ele era defendido como se tratando da terra, utilizando-o para o desenvolvimento de toda sua cosmologia. Sua lógica estava baseada em um comportamento cíclico, à sua visão, atribuído aos produtos materiais: tudo surge e retorna ao seio terreno (os seres vivos seriam importantes exemplificações). Segundo palavras atribuídas ao próprio Xenófanés, “tudo sai da terra e tudo volta à terra” (MORAIS, 2009, p. 21).

No entanto, por volta do século V a.C., desenvolveu-se no território grego uma concepção que deixaria de ser monista, pois trazia como premissa a união dos elementos primordiais, água, ar, fogo e terra, no intento de elucidar a solidez do mundo físico (LEICESTER, 1967). De certa forma, esta ideia parecia evidente e plausível, talvez o caminho mais lúcido das relações significativas dentre as ideias desenvolvidas até então pelo pensamento filosófico. Essa nova teoria trazia uma forma distinta de compreensão do processo de formação das coisas do mundo, sendo pautada somente nos fatos observáveis da natureza (STRATHERN, 2002). Este pensamento filosófico logo tomou força no acolhimento das pessoas, pois, a partir dessa teoria, era possível uma perspectiva de compreensão material, mesmo que de senso comum, por meio direto dos sentidos (STRATHERN, 2002).

Conforme citado anteriormente, a partir dessa teoria, rompia-se com a ideia de unidade (pensamento monista) como base geradora das coisas que constitui o mundo para assumir-se uma concepção de pluralidade substancial, a qual se tornaria a principal essência norteadora do pensamento subsequente na Grécia Antiga. Essa concepção, a dos quatro elementos, entretanto, desencadearia um intenso atrofiamento do pensamento científico pelos próximos dois milênios no mundo ocidental (STRATHERN, 2002), conforme se procurará evidenciar neste texto

O responsável principal pela elaboração e desenvolvimento dessa teoria foi Empédocles, um filósofo que viveu em Agrigento durante o século V a.C. Empédocles foi um discípulo de Pitágoras, sendo muito influenciado por suas ideias, e, assim como a de Pitágoras, pode-se concluir que a sua filosofia foi fundamentada entre a genialidade de ideias e a charlatanice oportuna de suas predições (STRATHERN, 2002; PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). Pitágoras pode ser considerado como uma das mentes mais singulares existentes no que tange ao desenvolvimento do pensamento matemático. É conhecido mundialmente pelo teorema que repercute o seu nome, além de ser autor da demonstração da incomensurabilidade do número π (π). Possuía ideias filosóficas abrangentes e intrigantes que viriam a influenciar importantes filósofos posteriores (como exemplo, Platão). Por outro lado, foi o fundador de uma religião fundamentada entre uma crença espiritual e a arte do ilusionismo oportuno (STRATHERN, 2002). Como Weinberg (2015, p. 39) reflete “foi na matemática pura, mais que na física, que os pitagóricos fizeram os maiores avanços”.

Já o seu discípulo Empédocles reforçou uma concepção calcada no mundo material, evidenciando, ainda, uma relação mística intrínseca às suas ideias sobre a natureza. Deve-se reconhecer que Empédocles, assim como seu mentor, destacou-se por sua genialidade, tendo sido um dos precursores de um raciocínio químico, criando ideias como a de que as coisas que compõem o mundo seriam fruto das diferentes combinações resultantes dos quatro elementos primordiais (ou raízes), e afirmando originalmente “que nada no mundo era criado ou destruído” (STRATHERN, 2002, p. 22). Ainda, cabe ressaltar que os princípios desenvolvidos por Empédocles envolvendo a ideia de que nada é criado e nem destruído na natureza e de que as coisas do mundo seriam fruto dos rearranjos envolvendo os quatro elementos primordiais, mesmo rechaçados pela literatura científica contemporânea, representam conceitos importantes ao desenvolvimento do pensamento humano em uma via racionalmente científica.

Assim, refletindo-se sobre a história da Antiguidade por uma essência normativa, percebe-se que o pensamento genuinamente científico teve como cerne a elaboração de uma singela pergunta (como o questionamento de Tales) e a tentativa em respondê-la, contrastando

fatos observáveis e abstrações racionais, no entanto limitando a sua essência especulativa (STRATHERN, 2002). Essa discussão remete aos olhares envolvendo as epistemologias bachelardiana e lakatosiana, pois, ambas convergem ao entendimento de que o conhecimento científico emerge a partir da fomentação de problemas; são as perguntas que alavancam a evolução da razão científica e não a valorização de conceitos absolutos e imutáveis no campo científico (BACHELARD, 1996a; LAKATOS, 1999).

A seguir, na Figura 13, apresenta-se uma ilustração contendo um resumo esquemático das principais concepções que antecederam ao surgimento da teoria atômica na Grécia Antiga, isto é, as concepções defendidas neste texto como pré-atômísticas da matéria.

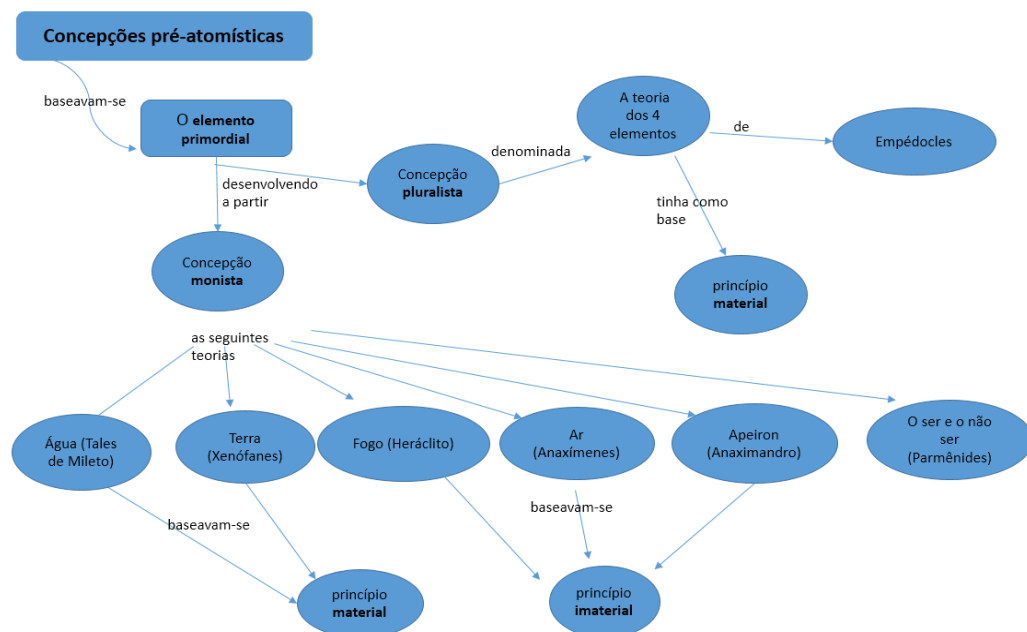


Figura 13- Esquema conceitual contendo um resumo das principais concepções pré-atômísticas da matéria (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

Strathern (2002) aponta que os povos da Antiguidade conheciam diversos elementos e os manuseavam para suprir suas necessidades. É o caso do bronze, uma liga metálica formada a partir da fundição de cobre e estanho. Esta substância teve tanta importância em um dado período da Antiguidade que denomina um período histórico: a Idade do Bronze (entre 1 e 2 milênios a.C.). Metais como o ferro e o ouro também influenciaram significativamente o desenvolvimento da humanidade, repercutindo uma evolução tecnológica de um dado contexto. Entretanto, “a noção de elemento originou-se com os filósofos e não com os químicos. Em outras palavras, com os pensadores, não com os que praticavam” (STRATHERN, 2002, p. 24).

Corroborando, assim, com olhar de Lakatos e Bachelard no que tange ao entendimento de que o pensamento científico flui do racional para o real.

Neste viés, a noção de elemento confundia-se com a concepção de substância na Grécia Antiga (OKI, 2002). Tal compreensão surge com a concepção monista da matéria (os *archês* discutidos pelos filósofos pré-socráticos), no entanto, tem-se através de Empédocles (outro pré-socrático), uma perspectiva pluralista da matéria. Como também, encontra-se ainda no período pré-socrático o surgimento de uma ideia filosófica conhecida como atomismo, qual partilha uma concepção monista da matéria e que apresenta o ponto intelectual mais elevado do pensamento filosófico grego.

4.2.3 Concepções materiais atomísticas

Segundo Strathern (2002), as ideias de monistas sobre a composição material não se esvaeceram na Grécia antiga por completo. Aproximadamente um século depois de Tales, o filósofo grego chamado Leucipo (século V a.C., aproximadamente 500-450 a.C) também se indagaria sobre a questão elementar das coisas que compõem o mundo. Leucipo se questionou se dada composição material poderia ser dividida até um determinado ponto onde tornar-se-ia indivisível, ou se poderia ser dividida infinitamente. Esse questionamento o levou à elaboração da ideia de *atomos*, ou átomo. Em grego, essa palavra significa *aquilo que não pode ser cortado*, isto é, indivisível. Dessa forma, muito antes de desmembramos a estrutura particular dos átomos e percebemos o “universo” de subpartículas que integram o mundo atômico, tem-se na Grécia Antiga o fruto primeiro envolvendo a concepção de átomo em uma perspectiva unicamente filosófica.

Vale considerar que a teoria atômica, segundo Pinheiro, Costa e Moreira (2011), veio a fomentar uma interessante convergência entre as antagônicas concepções cosmológicas defendidas por Heráclito e Parmênides. Visto que, a fim de desenvolver sua teoria, “Leucipo aceitou a existência do vazio, também admitiu que o mundo era dotado de um eterno movimento e postulou a existência dos átomos como componentes deste movimento” (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 9). Desta forma, tal convergência entre distintas concepções cosmológicas relaciona-se à essência dialética da História da Ciência, visto que Leucipo ao construir a ideia do átomo utilizou o diálogo de visões filosóficas diferentes para o seu raciocínio sobre a natureza.

A teoria de Parmênides pode ser descrita como a primeira teoria hipotética-dedutiva do mundo. Os atomistas interpretaram-na assim e afirmaram que ela era refutada pela experiência, uma vez que o movimento existe. Aceitando a validade formal do argumento de Parmênides, inferiram da falsidade de sua premissa. Mas isso significava que o nada - o vácuo ou o espaço vazio - existia. Consequentemente, não havia mais necessidade de supor que “aquilo que é” - o pleno, aquilo que preenche algum espaço - não tivesse partes, pois agora as partes podiam ser separadas pelo vácuo. Há, assim, muitas partes, cada uma das quais é “plena”: há partículas plenas no mundo, separadas por espaço vazio e capazes de se mover no espaço vazio, sendo cada uma delas “plena”, indivisa, indivisível e imutável. Assim, o que existe são átomos e o vácuo. Desta maneira, os atomistas chegaram a uma teoria de mudança – uma teoria que dominou o pensamento científico até 1900. Trata-se da teoria de que toda mudança, e em especial toda mudança qualitativa, deve ser explicada pelo movimento espacial de pedacinhos imutáveis da matéria – por átomos que se movem no vácuo (POPPER, 2014, p. 14-15).

Leucipo, desse modo, foi o primeiro a sugerir que o mundo poderia ser composto por átomos, ou seja, por unidades indivisíveis. Infere-se, a partir de fontes históricas, que ele possuía uma escola em Abdera e que, com o auxílio de seu discípulo, Demócrito, desenvolveu uma concepção atomística singular para o pensamento filosófico grego (STRATHERN, 2002; MAAR, 1999).

Demócrito gozou de elevado crédito no desenvolvimento do conceito do átomo, construindo importantes reflexões e estruturando-o com uma considerável solidez racional para a época. Defendia a existência de uma quantidade infinita de átomos perambulando pelo espaço em constante movimento, além de que os átomos possuíam diferentes tipos de forma, tamanho e calor correspondentes. Além disso, apontava que toda alteração visível no mundo físico origina-se pelas combinações desses átomos, indivisíveis e imutáveis (STRATHERN, 2002).

Leucipo e Demócrito traziam uma concepção de que as coisas do mundo seriam formadas pela combinação dessas unidades mínimas, os átomos, contrariando as concepções de Empédocles e daqueles que o antecederam, que reforçavam uma visão substancialista como cerne gerador das coisas que compõem o mundo. Mas, para Leucipo e Demócrito,

[...] tudo ao nosso redor é constituído de átomos e vácuo, e as substâncias diferem entre si porque seus átomos diferem na forma ou no modo como estão arrançados; os átomos da água eram lisos e esféricos para que esta pudesse fluir, os do fogo seriam pontiagudos para provocarem queimaduras, os da terra seriam ásperos e dentados para que pudessem se juntar. Tudo é o resultado do simples jogo de causa e efeito entre os átomos (ROSA, 2012, p. 127).

Percebe-se, no extrato anterior, que a ideia atômica desenvolvida, apesar de representativa de um avanço do pensamento racional daquele período, ainda deixava-se balizar por perspectivas do senso comum. Porto (2013, p. 4601-2) corrobora esse argumento ao apontar que

[...] para Leucipo e Demócrito, o mundo material é composto de infinitos entes minúsculos, incriáveis e indestrutíveis, denominados átomos, que se movem incessantemente por um vazio e não possuem outras propriedades além de tamanho e forma geométrica. Nessa concepção, os objetos que se colocam diante de nossos sentidos são, na realidade, formados pela combinação de muitos desses átomos.

Nota-se um nível de abstração racional evidenciado por Leucipo e Demócrito, visto que essa teoria atômica, de certa forma, conseguiu se desvincular parcialmente das “amarras” do mundo observável para abstrair um pensamento calcado em ideias consideradas inovadoras para a época. Deve-se ressaltar que os pré-atomistas acreditavam na existência de um princípio primeiro, ou elementar, no entanto, para Leucipo e Demócrito, a transformação (ou formação) das substâncias se daria pela causalidade do movimento dos átomos (MORAIS, 2009). Assim, a teoria atômica de Leucipo e Demócrito rompe com a ideia central defendida pelos pré-atomistas (Tales, Anaximandro, Anaxímenes, Heráclito, Parmênides e Empédocles), visto que refuta a necessidade de existência de um elemento primordial (*archê*) para a criação das coisas que compõem o Universo.

De maneira a resumir as ideias principais da teoria atômica, cabe realce ao fato de que Leucipo foi o grande responsável por pensar, pela primeira vez, no átomo como tratando-se da menor partícula indivisível da matéria, rompendo com concepções que necessitavam de um princípio gerador para a compreensão do processo de formação do cosmo (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011), assim, cabendo a Demócrito o mérito pelo desenvolvimento das propriedades atômicas concernentes à defesa desta teoria. Leucipo e Demócrito utilizaram da união de ideias contrárias de Heráclito e Parmênides (de modo a manter as suas “raízes”) na construção da ideia de átomo. Ressalta-se que a ideia do átomo evoluiu carregando as “suas raízes”, como também as retificando (transformando-a) no decorrer da História da Ciência. Tal discussão evidencia-se na utilização por Galileu e Newton no que tange a perspectiva do movimento de partículas imutáveis da matéria e entre as relações das forças da natureza discutidas por Newton. Como também por Dalton, o pioneiro ao conceber a ideia de átomo com uma utilidade teórica e prática ao pensamento químico (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011). A Figura 14 a seguir ilustra de modo geral as principais escolas filosóficas envolvendo o pensamento pré-socrático.

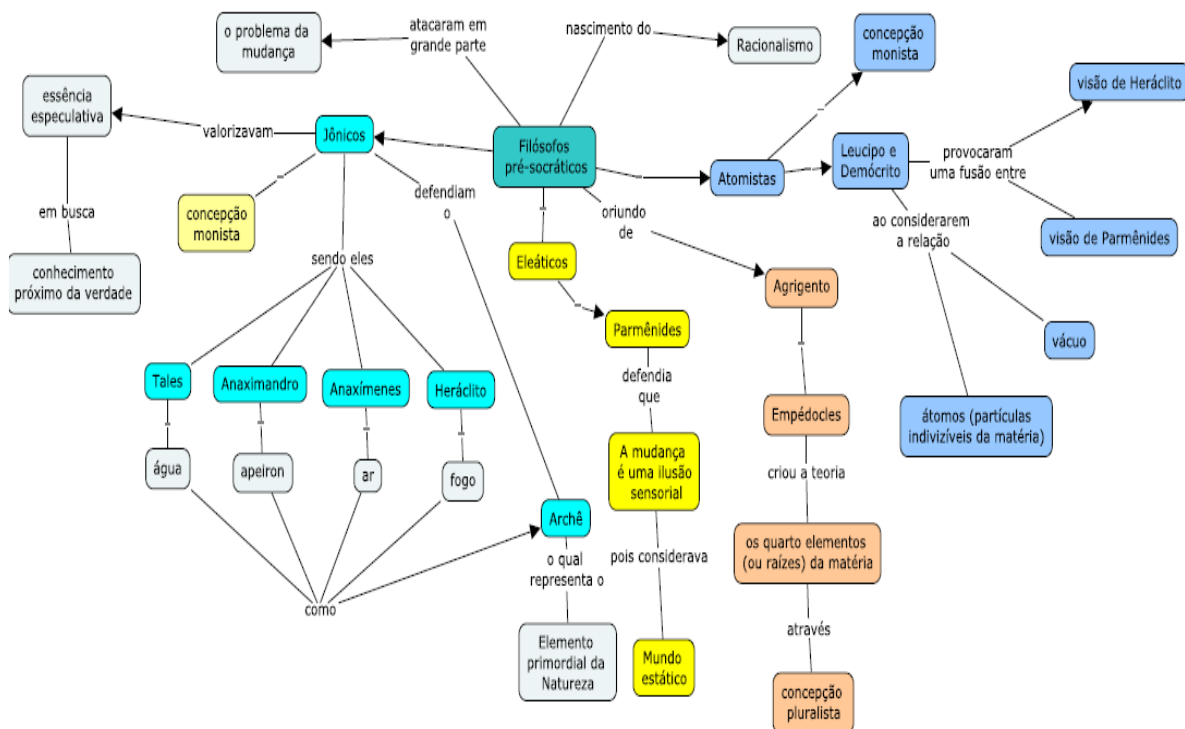


Figura 14- Mapa conceitual ilustrando as principais escolas filosóficas envolvendo o pensamento pré-socrático (Fonte: Susete Francieli Ribeiro Machado).

4.2.4 A filosofia de ouro ateniense e o distanciamento da filosofia natural

Já o período de ouro da filosofia grega foi balizado por um distanciamento das questões fundamentalmente científicas, mas passou paulatinamente a se pautar sob questões mais relevantes ao mundo das ideias abstratas e pela beleza dos números. Esse período de ouro ocorreu na cidade de Atenas, tendo como primeiro filósofo de renome o ateniense Sócrates, o qual é considerado precursor de diversas ideias contemporâneas. Entretanto, ao que se conhece, Sócrates não se interessava por questões envolvendo a origem e composição do mundo. Seu foco era a introspecção do indivíduo, em suas dimensões de natureza e propriedade. Uma clássica exemplificação de sua conduta como filósofo é obtida em sua famosa frase “conhece-te a ti mesmo” (STRATHERN, 2002, p. 26), a qual pode ser interpretada como uma defesa de que o único conhecimento relevante a investigações estaria contido na subjetividade do próprio indivíduo.

Sócrates teve um discípulo muito consagrado pela filosofia contemporânea, Platão, o qual foi um dos responsáveis por dimensionar sua filosofia para o campo das ideias abstratas (MAAR, 1999). Para Platão, o mundo dos números e das ideias era a única fonte de conhecimento legítima para nortear o pensamento filosófico.

Em 387 a.C. Platão abriu sua academia num olival nos arredores de Atenas. Esse “olival acadêmico” foi a primeira universidade reconhecível. Acima de sua entrada estava escrito “Que não entre aqui ninguém que não saiba geometria”. Raciocínio abstrato, ideias abstratas, geometria abstrata – até o ensinamento político de Platão se concentrava na ideia de uma utopia e não na realidade social (STRATHERN, 2002, p. 27).

Segundo Strathern (2002), ao contrário de Demócrito, que aplicou o pensamento matemático em problemas científicos da natureza, Platão compreendia a matemática como a soberana das ideias filosóficas, sendo que a única realidade possível seria aquela oriunda das ideias abstratas, legitimadas pela lógica dos números. Essa harmonia e beleza elucidada pelo posicionamento de Platão no que tange ao mundo das ideias abstratas e das formas geométricas perfeitas traduz a linguagem da natureza de se expressar, qual refletia uma pontual influência do pensamento pitagórico em sua essência. Para Platão, Deus era um verdadeiro geômetra, de modo a redimensionar o misticismo pitagórico dos números a um misticismo contemplado por um olhar geométrico da natureza tendo como responsável de tal construção uma superior inteligência divina (GLEISER, 1997).

Entretanto, a filosofia natural não foi totalmente esquecida, sendo logo “resgatada” por alguém considerado um gênio universal à sua época: Aristóteles. Este consagrado filósofo foi um dos grandes responsáveis por redimensionar a filosofia grega ao campo da filosofia natural no período da Antiguidade. Pode-se dizer que Aristóteles utilizou das ideias sobre os quatro elementos de Empédocles para fundamentar a sua filosofia natural, desenvolvendo, assim, uma concepção sobre a matéria baseada em uma filosofia que trazia conceitos que refletiam um entendimento da natureza onde todas as coisas (mundo físico e animal) deveriam possuir uma finalidade, forma e materialidade concernentes. Entretanto, lamentavelmente, o atomismo, a partir desse filósofo, retrocedera à teoria dos quatro elementos (GONÇALVES, 2006).

A teoria dos quatro elementos foi adotada por Aristóteles como modelo para explicação da natureza. Para fugir da ideia de vácuo, Aristóteles propôs um quinto elemento, a “quinteessência”, o éter, permeando a matéria. Até o século XIX os físicos consideravam o éter como necessário para a compreensão de muitos fenômenos (MAAR, 1999, p. 34).

Por não conseguir conceber logicamente um espaço sem resistência, Aristóteles nega a existência do vácuo, pois, para ele, sem resistência a velocidade dos corpos tenderia ao infinito, e deste modo, seria um absurdo aceitar a hipótese do vácuo (WEINBERG, 2015).

Aristóteles foi o responsável por popularizar pelo território grego a sua filosofia natural de maneira a solidificar um pensamento altamente referenciado em concepções empiristas e indutivistas, fazendo-se referência ao que se acredita ter sido o cerne de seu pensamento

filosófico. Ele valorizou a observação direta dos fenômenos naturais, ou seja, não compreendia ser relevante a construção de hipóteses abstratas para discutir a natureza (WEINBERG, 2015).

Aristóteles refutou os arquétipos platônicos e reafirmou o valor do conhecimento empírico. Toda a teoria aristotélica do conhecimento constitui uma explicação de como se pode partir de dados sensíveis para se chegar a formulações científicas, pois necessárias e universais. A repetição das observações dos casos particulares permitiria uma operação do intelecto, a indução, que conduziria – num encaminhamento contrário ao da dedução – do particular ao universal. Para Aristóteles, o entendimento humano começa com a percepção dos sentidos; antes de qualquer experiência sensorial, a mente humana é como uma tábua lisa, sem nada escrito, mas com potencialidade em relação às coisas inteligíveis. A razão humana, contudo, permite que a experiência dos sentidos seja a base do conhecimento útil (ROSA, 2012, p. 133).

Dessa forma, para Aristóteles, os corpos necessitam retornar às suas origens elementares, como Weinberg coloca: “os corpos sólidos caem porque o lugar natural do elemento terra é embaixo, em direção ao centro do cosmo, e as fagulhas sobem porque o lugar natural do elemento fogo é o céu” (WEINBERG, 2015, p. 48). Sua teoria baseava-se fecundamente nos quatro elementos (água, terra, ar e fogo) e suas qualidades (quente, frio, seco e úmido) no entendimento das transformações das substâncias. “Essas qualidades primárias seriam: quente, frio, úmido e seco; associadas duas a duas no substrato material, originariam os elementos fogo, ar, água e terra” (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016, p.19). Compreendendo assim, a matéria como um substrato amorfo que banhado por qualidades imateriais possuía a capacidade de originar os elementos fundamentais da Natureza (ALFONSO-GOLDFARB *et al.*, 2016).

Utilizando de um olhar normativo da História da Ciência reflete-se que o pensamento racional, abstrato matemático e especulativo desenvolveu uma técnica capaz de avançar caminhos científicos que o conhecimento empírico indutivista não conseguiu permear em sua história. Tem-se que as ideias aristotélicas influenciaram boa parcela do pensamento antigo, como também da Idade Média, valorizando o desenvolvimento de concepções equivocadas e deturpadas no que tange à essência evolutiva do pensamento científico (STRATHERN, 2002; WEINBERG, 2015).

Considera-se como relevante a concepção de que os filósofos pré-socráticos foram responsáveis por importantes distinções envolvendo a filosofia natural, visto que pontuaram uma separação entre a natureza e o sobrenatural, entre o mundo dos fatos e fenômenos e o mundo místico, bem como a valorização do diálogo e de discussões envolvendo conceitos e teorias da filosofia natural (MORAIS, 2009). No entanto, com o advento do imperialismo, logo se iniciou o processo de declínio da hegemonia das cidades-Estados gregas, bem como de todo sistema social e político desenvolvido pelos gregos à época. Com isso, instaurou-se um entrave

intelectual para com novas reflexões envolvendo o questionamento da composição material e de suas propriedades. A teoria dos quatro elementos passou então a predominar, levando-nos por um caminho obscuro e, talvez, irracional em direção contrária a um pensamento científico satisfatório em significados. A teoria atômica da matéria somente seria retomada mais de um milênio depois (STRATHERN, 2002).

4.2.5 Considerações Finais

Em síntese, inicialmente, os filósofos gregos adotaram uma concepção material unitária; a água, o ar, o fogo ou a terra como constituintes únicos materiais. Logo após, foi a vez de uma combinação desses elementos individuais para composição de uma teoria combinatória, na qual esses quatro elementos representavam a base da estrutura material de todas as coisas do mundo. Em seguida, uma perspectiva de composição material atômica, sob a qual a matéria é formada por unidades mínimas e indivisíveis, os átomos. Mas, infelizmente, retrocede-se às concepções pré-atômicas, e a Ciência tem de esperar por aproximadamente dois mil anos para retomar conceitos filosóficos sobre a unidade da matéria e, satisfatoriamente, progredir.

Verifica-se, por fim, que a civilização grega desenvolveu boa parte das ideias que vieram a ser discutidas pela Química moderna. Em contrapartida, investigaram-se, naquele período, princípios, elementos e átomos, mas não se constatou sua capacidade em compor uma proposta unificadora para a natureza da matéria (MAAR, 1999). Realizaram-se proposições descontínuas, o que acabou por tornar inviável uma perspectiva de evolução conceitual e procedimental. Com isso, concepções surgiram, esvaneceram-se e vieram a ser reconsideradas muito tempo depois, sob um viés mais empírico do que reflexivo, e a matéria passou novamente a ser constituída pelos átomos gregos. A seguir apresenta-se no Quadro 4 alguns pontos da referida convergência epistemológica em relação ao presente episódio em Ciência.

Quadro 4- Apresentação de alguns pontos discutidos no texto envolvendo a referida convergência epistemológica em relação ao presente episódio em Ciência.

Convergência epistemológica entre Lakatos e Bachelard em relação à História da Ciência	Episódio em Ciência: Concepção de matéria na Grécia Antiga
Natureza dinâmica e evolutiva	Tais naturezas explicitam-se no que tange o entendimento em que Leucipo e Demócrito utilizam da união de ideias contrárias de Heráclito e Parmênides (de modo a manter as suas “raízes”) na construção da ideia de átomo. Ressalta-se que a ideia do átomo evoluiu carregando as suas raízes, como também as retificando (transformando-a) no decorrer da

	<p>História da Ciência. Tal discussão evidencia-se na utilização por Galileu e Newton no que tange a perspectiva do movimento de partículas imutáveis da matéria e entre as relações das forças da natureza discutidas por Newton. Como também por Dalton, o pioneiro ao conceber a ideia de átomo com uma utilidade teórica e prática ao pensamento químico.</p>
<p>Natureza razão objetiva</p>	<p>Embora encontra-se na filosofia grega uma nascente defesa primitiva do Racionalismo, não se têm relatos que os filósofos tenham tentado explicar as anomalias. Neste viés de discussão, Lakatos considera que o conhecimento científico deve ser falseável (ou seja, ser posto em condições de críticas) como também trabalhadas as anomalias que ocorrerem a partir das críticas. E de acordo com a história do pensamento filosófico grego não seria possível que a referida filosofia natural apresentasse essa postura de falseabilidade, considerando os relatos históricos encontrados na literatura.</p> <p>Para Bachelard, o pensamento científico grego explicita o primeiro estado de formação do espírito científico, denominado estado concreto, pois reflete uma filosofia contemplativa da natureza, como também explicita como um espírito pré-científico encontra-se recheado de concepções primeiras. Salienta-se que este episódio mesmo contemplando uma riqueza de visões filosóficas, tais teorias não superaram a primeira etapa do conhecimento científico.</p>
<p>Natureza dialética</p>	<p>Elucida-se superficialmente neste episódio, visto que não encontra-se uma riqueza de diálogos envolvendo filosofias contrárias, como também o pensamento grego não buscou construir uma base empírica e, deste modo, não poderia haver uma heurística positiva (predizendo e corroborando fatos novos).</p>
<p>Natureza normativa</p>	<p>Encontra-se superficialmente, pois este episódio não contempla uma rigorosidade envolvendo a metodologia científica.</p>

5. UMA REFLEXÃO SOBRE O TODO DA PESQUISA, RELAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Em relação aos objetivos específicos desta pesquisa, observa-se que foi possível construir a convergência epistemológica, como também aplicá-la em grande parte na escrita dos episódios em Ciência. Esta convergência se fundamentou no que ambas as epistemologias têm em comum que é a própria defesa da História da Ciência por uma natureza epistemológica dinâmica e evolutiva (no que tange à mutabilidade do conhecimento científico), visão normativa, essência dialética e razão objetiva. Desta forma, buscou-se explorar as relações teóricas envolvendo os olhares histórico-filosóficos de ambos os epistemólogos.

De maneira geral, a essência evolutiva e dinâmica para ambos epistemólogos relaciona-se a constante mutabilidade do conhecimento científico. Para Lakatos, tem-se a competição entre os programas científicos rivais e o seu entendimento de que a Ciência evolui a partir do constante processo de alteração de problemas progressivos, de modo a contemplar um cenário plural de séries de teorias (ou de programas investigativos) (LAKATOS, 1993). Para Bachelard, essa defesa evolutiva e dinâmica explicita-se em relação à superação dos obstáculos epistemológicos (o tratamento do erro), bem como, em uma amplitude maior de discussão, explicita-se em sua compreensão da evolução psicológica do pensamento científico (BACHELARD, 1996a).

A visão normativa para ambos tem a função de ser uma avaliadora do conhecimento científico (com o intuito de promover a evolução da Ciência). Para Lakatos, a mesma contempla uma base metodológica e para Bachelard essa visão normativa relaciona-se à necessidade de julgar o conhecimento científico através de um entendimento dialético entre a consciência da modernidade e a consciência da historicidade tendo como norte da razão o pensamento científico mais evoluído da contemporaneidade (LAKATOS, 1993; BACHELARD, 1996a).

A razão objetiva para ambos evidencia-se como um dos principais cernes de suas defesas, visto que ambos são racionalistas. Para Lakatos, observa-se a razão objetiva explicitada pelo seu método falseacionista sofisticado (no que tange à necessidade do amadurecimento teórico envolvendo as séries de teorias científicas e a sua defesa referente a honestidade intelectual de pôr-se em condições de críticas). Já para Bachelard tal defesa encontra-se na sua compreensão referente aos três estados formativos que o espírito científico deve passar para evoluir (LAKATOS, 1999; BACHELARD, 1996a).

A essência dialética explicita-se no olhar de Lakatos pelo seu entendimento envolvendo a relação dialética da heurística positiva de um programa investigativo, visto que para ele não há desenvolvimento científico sem o crescimento interligado entre as bases teóricas (responsáveis por predizer fatos novos) e as bases empíricas (responsáveis em corroborar os fatos novos). Já para Bachelard, esta essência dialética relaciona-se ao seu entendimento de que o pensamento científico deve valorizar o diálogo filosófico entre as filosofias contrárias e não em relação a defesa dicotômica explicitada pela epistemologia tradicional (LAKATOS, 1999; BACHELARD, 1984).

Ao desenrolar da pesquisa, percebeu-se que os pontos oriundos da natureza epistêmica da História da Ciência desta convergência se entrelaçam em algumas reflexões envolvendo o desenvolvimento do pensamento científico. Como exemplo, a razão objetiva e a visão normativa no que tange ao episódio do calórico envolvendo a construção da nova nomenclatura química, qual representava uma tentativa do programa do calórico em colocar a Química da época no caminho da clarificação da linguagem e das ideias quanto ao norte da razão científica. Uma possível causa deste entrelaçamento teórico deve-se ao fato de que a vertente principal da ambos epistemólogos seja a racionalista.

Observou-se que a aplicação da convergência ocorreu de maneira mais integral no primeiro episódio (envolvendo o calórico) do que em relação ao segundo episódio (referente à concepção de matéria na Grécia Antiga). No episódio do calórico, pode-se aplicar a convergência de um modo mais abrangente discutindo-se os pontos convergentes entre as visões de ambos os epistemólogos; já no segundo episódio, a aplicação da convergência foi relativamente superficial, apesar do tema ser muito rico filosoficamente.

Em linhas gerais, o primeiro episódio em Ciência visou apresentar e refletir sobre dois programas científicos conflitantes na História da Ciência, os programas flogístico e calórico, os quais marcaram, pontualmente, o período pré-científico da Química e o nascimento das bases teóricas da Química moderna. Para este propósito, utilizou-se da convergência epistemológica entre Imre Lakatos e Gaston Bachelard como mérito de fortalecimento teórico do referido episódio. Almejou-se apresentar, inicialmente, o panorama pré-científico no qual o programa flogístico emergiu através de sua hibridização envolvendo as correntes da filosofia natural paracelsistas e aristotélicas. Em seguida, foram explanadas as características principais do flogístico como programa investigativo. Como também, buscou-se apresentar o programa calórico com o intuito de inferir sobre os pontos que denotam àquele uma força heurística cognitivamente superior em relação ao programa do flogístico.

Quanto à convergência aplicada a este episódio, tem-se uma perspectiva evolutiva e dinâmica da História da Ciência. Ao passo que o programa do calórico consegue explicar os mesmos problemas discutidos pelo programa do flogístico com superior força heurística, tem-se uma supremacia do programa do calórico no campo competitivo da Ciência. Apesar de Lavoisier compreender e defender muitos pontos equivocados, como exemplos o fluído imponderável do calórico e a sua teoria dos ácidos relacionada ao elemento oxigênio nas reações químicas, verifica-se a partir do seu programa investigativo o rompimento em grande parcela com as visões aristotélicas e alquimistas, as quais estavam enraizadas no pensamento químico no que tange ao entendimento dos processos de transformação da matéria. Além do que, a partir do programa do calórico, apresenta-se o nascimento da compreensão envolvendo as transformações químicas, de maneira a representar o âmago do conceito de reação química que a nossa Ciência contemporânea fundamenta-se.

Em relação à essência racional objetiva, explicita-se a construção da nova nomenclatura química representando uma tentativa do programa do calórico em colocar a Química da época no caminho da clarificação da linguagem e das ideias quanto ao norte da razão científica. Quanto à essência dialética, o calórico como programa científico rival, além de apresentar um novo conceito de substância elementar (através da concepção de elemento do oxigênio) ao cerne do pensamento químico, refutou vários pontos essenciais do núcleo firme e do cinturão protetor do flogístico, como, por exemplo, o princípio da interconvertibilidade envolvendo os elementos fundamentais (influência de Aristóteles). A visão normativa elucida-se no ponto em que embora Lavoisier negue os conhecimentos anteriores, este químico francês se utiliza da História da Ciência para superar os pontos obscuros e recheados de irracionalidade da prematura Química para a proposição e organização da nova nomenclatura química, a qual objetiva-se fundamentar em bases racionais do pensamento científico.

Já o segundo episódio em Ciência almejou apresentar a concepção de matéria desenvolvida pelos gregos durante a Antiguidade, de maneira a pontuar uma relevante articulação teórica envolvendo as concepções epistemológicas de Gaston Bachelard e de Imre Lakatos sobre a Ciência. Adentrando, inicialmente, nas ideias pré-atomísticas discutidas por Tales de Mileto e outros filósofos pré-socráticos, chegando até a teoria dos quatro elementos, defendida por Empédocles. Em um segundo momento, discute-se a concepção atomística defendida por Leucipo e Demócrito. Posteriormente, refletiu-se o distanciamento entre a fase de ouro da filosofia ateniense e a filosofia natural, bem como a reaproximação influenciada por Aristóteles entre a filosofia e a natureza material. Por fim, foi proposta uma reflexão

argumentativa sobre a influência grega nas concepções elementares da matéria para o desenvolvimento da Química moderna.

No que tange à essência evolutiva e dinâmica, tais naturezas explicitam-se ao entendimento em que Leucipo e Demócrito utilizam da união de ideias contrárias de Heráclito e Parmênides (de modo a manter as “suas raízes”) na construção da ideia de átomo. Ressalta-se que a ideia do átomo evoluiu carregando as “suas raízes”, como também as retificando (transformando-a) no decorrer da História da Ciência. Tal discussão evidencia-se na utilização por Galileu e Newton no que se refere à perspectiva do movimento de partículas imutáveis da matéria e entre as relações das forças da natureza discutidas por Newton. Como também por Dalton, o pioneiro ao conceber a ideia de átomo com uma utilidade teórica e prática ao pensamento químico (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011).

Quanto à essência racional objetiva, embora encontre-se na filosofia grega a nascente de uma defesa primitiva do Racionalismo, não se têm relatos de que os filósofos tenham tentado explicar as anomalias. Neste viés de discussão, Lakatos considera que o conhecimento científico deve ser falseável (ou seja, ser posto em condições de críticas) como também trabalhadas as anomalias que ocorrerem a partir das críticas (LAKATOS, 1999). E de acordo com a história do pensamento filosófico grego não seria possível que a referida filosofia natural apresentasse essa postura de falseabilidade, considerando os relatos históricos encontrados na literatura. Para Bachelard, o pensamento científico grego explicita o primeiro estado de formação do espírito científico, denominado estado concreto, pois reflete uma filosofia contemplativa da natureza, como também explicita-se como um espírito pré-científico encontrando-se recheado de concepções primeiras (BACHELARD, 1996a). Salienta-se que este episódio é rico em pontos filosóficos, mas mesmo contemplando esta riqueza de visões filosóficas, tais teorias não superaram a primeira etapa do conhecimento científico.

A essência dialética elucida-se superficialmente neste episódio, visto que não encontra-se uma riqueza de diálogos envolvendo filosofias contrárias, como também o pensamento grego não buscou construir uma base empírica e, deste modo, não poderia haver uma heurística positiva (predizendo e corroborando fatos novos). Como também a visão normativa encontra-se superficialmente, pois este episódio não contempla uma rigorosidade envolvendo a metodologia científica.

Esta convergência explicitou uma utilidade didática à formação docente no sentido de que ela pode servir como uma potencial lente para enxergar (compreender) a Filosofia da

Ciência a partir da História da Ciência. Além do mais, ela tem potencial para ser uma relevante ferramenta indicadora de cientificidade quando aplicada aos episódios em Ciência. A convergência epistemológica foi construída se apoiando nas defesas teóricas envolvendo a natureza epistêmica da História da Ciência para ambos os epistemólogos. Deste modo, os olhares histórico-filosóficos de ambos se alicerçam no espírito científico que fomentou a base da Nova Filosofia da Ciência, como também em reflexões que se desenvolveram a partir de uma dialética entre a filosofia científica e a História da Ciência.

Deve-se frisar que a referida convergência epistemológica encontra-se em estado inicial de reflexões e compreende-se que há ainda muito a ser explorada tanto teoricamente quanto no campo empírico da Didática das Ciências. Percebeu-se que em uma possível inter-relação da convergência ao contexto da didática explicitam-se o valor das ideias no processo evolutivo do pensamento científico e a natureza da História da Ciência como principais eixos conectores.

Desta pesquisa, retirou-se alguns recortes para um possível estudo de doutoramento por parte da autora. A partir de um conceito do livro “A invenção do Ar [...]” de Steven Johnson envolvendo “as redes de informação” no processo evolutivo da História da Ciência pensou-se como um possível recorte uma relação envolvendo o conceito lakatosiano de metodologia dos programas investigativos. Evidenciou-se ainda como uma significativa fonte de pesquisa a investigação envolvendo o valor das ideias, bem como a evolução psicológica dos conceitos científicos na História da Ciência, de modo a fomentar relações teóricas entre a etimologia, espectro filosófico e o perfil epistemológico. Um outro ponto que se explicitou nesta pesquisa como um recorte para uma investigação futura foram as “experiências de pensamento” explicitadas pela História da Ciência como possibilidades ao campo da Didática das Ciências. Desta forma, salienta-se que de acordo com o entendimento da autora desta pesquisa tais recortes podem ser utilizados para uma inter-relação ao contexto da Didática das Ciências.

Os episódios em Ciência produzidos nesta pesquisa valorizam um olhar histórico-filosófico da Ciência através da referida convergência, como também possibilitam uma compreensão da história do pensamento científico por uma natureza conjectural (naturalmente falível) e em constante estado de evolução. Desta forma, a autora desta pesquisa defende que as epistemologias de Lakatos e Bachelard possuem grande valia ao campo didático científico, pois fomentam concepções epistemológicas contemporâneas e defendem uma Ciência aberta e em constante estágio de devir. Além do mais, os episódios em Ciência podem servir como significativas ferramentas didáticas a abordagens de temas científicos elucidados por olhares

que contemplam discussões pertinentes à essência histórico-filosófica do pensamento científico no contexto do ensino.

Esta pesquisa evidencia, na base dos seus resultados finais, a necessidade de se buscar valorizar a qualificação da História da Ciência como um importante cerne das discussões dos conteúdos científicos no campo didático, como também a fomentação de um distanciamento em relação às concepções alicerçadas no contexto de ensino que remetem à epistemologia tradicional.

Referências Bibliográficas

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M. As possíveis origens da química moderna. **Química Nova**, n.1, p. 63-68, 1993.

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

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BACHELARD, G. **A Epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2001.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996a.

BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico**. Lisboa: Edições 70, 1996b.

BACHELARD, G. **A Filosofia do Não – Filosofia do novo espírito científico**. Lisboa: 3ª edição. Presença. 1984.

BACHELARD, G. **O pluralismo coerente da química moderna**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

CACHAPUZ, A. F. Arte e Ciência no Ensino das Ciências. **Interacções**, n. 31, p. 95-106, 2014.

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

CHAGAS, A. P. **A história e a química do fogo**. Campinas, SP: Átomo, 2006.

CINDRA, J. L; TEIXEIRA, O. P. B. A evolução das ideias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v. 22, n. 3, p. 379-399, dez. 2005.

FLACH, M. A. Lakatos como um crítico de Popper. In: NEIVA, A; MEDEIROS, F; MARKS, T. (Orgs.) **Epistemologia Analítica I, Epistemologia Social, Filosofia da**

Ciência I, Filosofia da Mente, Wittgenstein: XVI Semana Acadêmica do PPG em Filosofia da PUC RS. Vol. 1. Porto Alegre: Editora Fi, 2016. p. 230-275.

GLEISER, M. **A dança do universo: dos mitos de Criação ao Big Bang.** São Paulo, São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GONÇALVES, M. C. F. **Filosofia da natureza.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

HAWKING, S. W. **Os gênios da Ciência: sobre os ombros de gigantes: as mais importantes ideias e descobertas da física e da astronomia.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HOBUSS, J. F. N. **Introdução à História da Filosofia Antiga.** Pelotas: NEPFIL online (Série Dissertatio-Filosofia), 2014.

JOHNSON, S. **A invenção do ar: uma saga de ciência, fé, revolução e o nascimento dos Estados Unidos.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica.** 3. ed. Madri: Alianza Editorial, 1998.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica.** Madri: Alianza Editorial, 1993.

LAKATOS, I. **Falsificação e Metodologia dos programas de investigação científica.** Lisboa: Edições 70, 1999.

LAVOISIER, A. L. **Tratado Elementar de Química.** Tradução Fulvio Lubisco. São Paulo: Madras, 2007.

LEICESTER, H. M. **Panorama histórico de la química.** Madri: Alambra, 1967.

LIMA, M. A. M; MARINELLI, M. A Epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. **Revista de Ciências Humanas**, Florianópolis, v. 45, n.2, p.393-406, outubro de 2011.

LOPES, A. R.C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.248-273, dez.1996.

MAAR, J. H. **Pequena História da Química: uma História da Ciência da matéria. Primeira parte dos primórdios a Lavoisier.** Florianópolis: Papa-Livro, 1999.

MAGALHÃES, B. L. A.; DA COSTA, E. A. M. A. O Flogisto na Gênese das Teorias de Lavoisier. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, p. 9-14, 1994.

MARTINS, L. A. C. P.; MARTINS, R. A. Lavoisier e a Conservação da Massa. **Química Nova**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 245-256, 1993.

MARTINS, R. A. Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 4, p.167-208, 2009.

MORAIS, A. M. A. **A Origem dos Elementos Químicos: uma Abordagem Inicial**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Epistemologias do Século XX**. São Paulo/SP: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/ física**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

MOURA, P.R.G; SILVA, A.L.S; SOUZA, D. O. G.; DEL PINO, J. C. Contribuições à Educação Técnico-Científica em Heisenberg e Heidegger. **Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação**, v. 20, p. 179-199, 2013.

NIETZSCHE, F. **A filosofia na era trágica dos gregos**. São Paulo: Hedra, 2008.

NIETZSCHE, F. **La naissance de la philosophie à l'époque de la Tragédie Grecque**. Paris: Gallimard, 1938.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade. **Revista Química Nova na Escola**. nº 16, 2002.

PINHEIRO, L. A.; COSTA, S. S. C. MOREIRA, M. A. **Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, v.22, n.6, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf> Acesso em 18/07/2017.

PIZZATO, M. C. **Enseñanza Coinspirada: Un estudio de Caso en la Formación de profesores de Ciencias**. 2010. 687 p. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, Espanha.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, Teoria e Observação em Ciência: Para uma Reorientação Epistemológica da Educação em Ciência. **Ciência & Educação**, v.8, n.1, p.127-145, 2002.

POPPER, K. R. **O mundo de Parmênides: ensaios sobre o Iluminismo pré-socrático**. Tradução Roberto Leal Ferreira. 1ª edição- São Paulo: Editora Unesp, 2014.

PORTO, C. M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, 4601, 2013.

ROSA, C. A. P. **História da Ciência: da antiguidade ao renascimento científico**. Brasília: FUNAG, 2012.

RUSSEL, B. **História do Pensamento Ocidental**. São Paulo: Col. Saraiva de Bolso, 2012.

SAGAN, C. **Cosmos**. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

SANTOS, M. C. A. A Lição de Heráclito. **Trans/Form/Ação**. Universidade Estadual Paulista, Departamento de Filosofia. v. 13, p. 1-9, Jan. 1990.

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a Epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.219-230, dez.1996.

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

WEINBERG, S. **Para explicar o mundo: a descoberta da ciência moderna**. tradução Denise Bottmann – 1ª edição – São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

Apêndices

Apêndice 1- Trabalhos publicados da pesquisa em Anais de eventos acadêmicos.

Trabalhos publicados em Anais de eventos acadêmicos
MACHADO, S. F. R.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. Uma perspectiva dinâmica e evolutiva da História Da Ciência: da teoria do Flogístico ao Calórico de Lavoisier. In: I Encontro Regional de Ensino de Ciências - EREC , 2017, Santa Maria/RS. Anais do I Encontro Regional de Ensino de Ciências: Perspectivas, metodologias e novas tecnologias. Bagé/RS: EdUnipampa, 2017.
MACHADO, S. F. R.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. História da Ciência: principais concepções pré-atômica e atômica de matéria na Grécia Antiga. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) , 2016, Florianópolis. Anais do XVIII ENEQ, 2016.

Apêndice 2- Artigos submetidos da pesquisa a revistas da área de Educação científica.

Artigos submetidos a revistas da área de Educação científica
MACHADO, S. F. R.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; PIZZATO, M.C.; DEL PINO, J. C. Gaston Bachelard e Imre Lakatos: uma convergência epistemológica fundamentada na dinamicidade da História da Ciência. Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação .
MACHADO, S. F. R.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; PIZZATO, M.C.; DEL PINO, J. C. Uma perspectiva dinâmica e evolutiva da História da Ciência no contexto da química do fogo: do Programa Flogístico ao Programa Calórico de Lavoisier. Revista Investigações em Ensino de Ciências .

Apêndice 3- Trabalho completo apresentado no Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ 2017).

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA RELACIONADA AO CONTEXTO DIDÁTICO: APRESENTAÇÃO DE UMA CONVERGÊNCIA EPISTEMOLÓGICA FUNDAMENTADA NA DINAMICIDADE DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Susete Francieli Ribeiro Machado¹ (PG)*, André Luís Silva da Silva² (PQ), Paulo Rogério Garcez de Moura³ (PQ), Michelle Camara Pizzato⁴ (PQ), José Claudio Del Pino⁵ (PQ)
susetemachado18@hotmail.com

¹- Avenida Bento Gonçalves nº 9500, Porto Alegre (Universidade Federal do Rio Grande do Sul);

²- Filho, 111 - Av. Pedro Anunciação - Vila Batista, Caçapava do Sul (Universidade Federal do Pampa);

³- Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória (Universidade Federal do Espírito Santo);

⁴- Rua Cel. Vicente, 281 - Centro Histórico, Porto Alegre (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul);

⁵- Avenida Bento Gonçalves nº 9500, Porto Alegre (Universidade Federal do Rio Grande do Sul);

Palavras-chave: *Convergência epistemológica, História da Ciência, contexto didático.*

Área temática: História e Filosofia da Ciência

RESUMO: ESTE TRABALHO VISA APRESENTAR UMA ARTICULAÇÃO DE UMA CONVERGÊNCIA EPISTEMOLÓGICA ENVOLVENDO AS IDEIAS/DEFESAS EM CIÊNCIA DOS FILÓSOFOS GASTON BACHELARD E IMRE LAKATOS (EM RELAÇÃO À HISTORICIDADE CIENTÍFICA) AO CONTEXTO DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS. AMBAS AS EPISTEMOLOGIAS POSSUEM RELEVANTE POTENCIAL AO CONTEXTO DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS QUANTO AO FOMENTO DE GRUPOS DE PESQUISA, ÀS COMPREENSÕES CONTEMPORÂNEAS SOBRE O PENSAMENTO CIENTÍFICO E À COMPREENSÃO DIDÁTICA (E REFLEXIVA) DO ERRO COMO CAMINHO PROPULSOR À INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA. CONSIDERANDO QUE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA É APRESENTADA COMO RELEVANTE FERRAMENTA REFLEXIVA DAS PRINCIPAIS IDEIAS E DEFESAS DESSES EPISTEMÓLOGOS, RELACIONAR-SE-Á OS SEGUINTE EIXOS DE INTERCONEXÃO DA CONVERGÊNCIA EPISTEMOLÓGICA AO CONTEXTO DIDÁTICO: DINAMICIDADE/ESSÊNCIA DIALÉTICA, RAZÃO OBJETIVA E CONCEPÇÃO NORMATIVA. POR FIM, CABE SALIENTAR QUE OS PONTOS DISCUTIDOS NESTE TEXTO PODEM SER VISTOS PELO ENFOQUE TANTO DO ALUNO COMO PESQUISADOR, COMO TAMBÉM DO PROFESSOR PESQUISADOR DA ÁREA DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.

Introdução

Quando discutimos possibilidades de articulações referentes à temática História e Filosofia da Ciência inseridas no ensino científico, umas das principais críticas ao cenário contemporâneo de Ciências são as suas influências e defesas cunhadas pela epistemologia tradicional no cotidiano escolar (datada do século XX) (MATTHEWS, 1995; MOREIRA; MASSONI, 2016; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002).

Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002) defendem que todo professor carrega consigo, de forma implícita ou explícita, concepções epistemológicas sobre o fazer

científico. E, dessa forma, a consciência de que pode ser relevante a fomentação desse tipo de discussão na formação docente ascende condições para que ocorra este debate com relevância potencial à Didática das Ciências, de modo a almejar a valorização de um Ensino de Ciências pautado em concepções epistemológicas contemporâneas no cotidiano das salas de aula.

Algumas questões que vêm sendo apontadas como fortes críticas ao cenário do ensino nas últimas décadas (MATTHEWS, 1995; MOURA *et al.*, 2013; PIZZATO, 2010) discorrem sobre a valorização de visões deturpadas da ciência pelos professores no processo de ensino e aprendizagem; o distanciamento de questões contemporâneas sobre o pensamento científico e o cotidiano das salas de aula, no qual o contexto escolar ainda valoriza, em grande parcela, um cenário epistemológico da ciência ainda anterior ao século XX (como citado acima). Como exemplo deste último ponto elencado, tem-se que o ensino científico ainda explicita em muitos momentos concepções positivistas do pensamento científico (MOREIRA; MASSONI, 2016). A Figura 1, a seguir, ilustra de maneira sucinta as diferenças entre a epistemologia tradicional e a Nova Filosofia da Ciência no contexto de ensino.

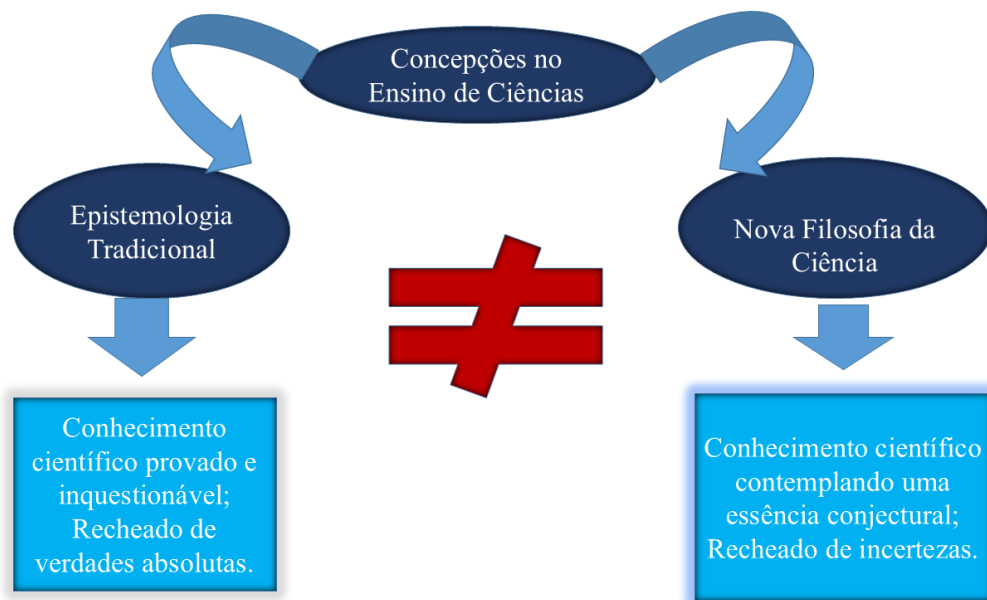


Figura 1: esquema conceitual ilustrando as diferenças entre a epistemologia tradicional e a Nova Filosofia da Ciência no contexto de ensino.

Como apresenta o esquema acima, as concepções científicas que envolvem o contexto do Ensino de Ciências explicitam visões epistemológicas do fazer científico. Tem-se que a epistemologia tradicional valoriza como ciência um conhecimento

absoluto, verdadeiro e indubitável, ao passo que a partir da Nova Filosofia da Ciência compreende-se o caráter científico por uma natureza conjectural, naturalmente falível, e recheada de incertezas. Desta forma, buscar fomentar debates no Ensino de Ciências em relação às interfaces epistemológicas e as práticas docentes pode representar uma relevante ferramenta potencializadora à formação de professores (MOREIRA; MASSONI, 2016).

A discussão da temática História e Filosofia da Ciência no ensino científico possibilita debates em relação a uma formação docente com uma bagagem conceitual mais ampla quanto à natureza, justificação e abrangência do pensamento científico em relação ao seu processo evolutivo (MOREIRA; MASSONI, 2016). Desta forma, este trabalho visa apresentar uma articulação de uma convergência epistemológica envolvendo as ideias/defesas em ciência dos filósofos Gaston Bachelard e Imre Lakatos (em relação à historicidade científica) ao contexto da Didática das Ciências.

Aplicação da convergência no contexto didático das Ciências

A escolha das epistemologias bachelardiana e lakatosiana como objeto central da convergência epistemológica se deu pelo fato de ambos epistemólogos utilizarem a História da Ciência como cerne de suas principais defesas e ideias científicas. Como também, ambas as epistemologias possuem relevante potencial ao contexto da Didática das Ciências quanto ao fomento de grupos de pesquisa, às compreensões contemporâneas sobre o pensamento científico e à compreensão didática (e reflexiva) do erro como caminho propulsor à investigação científica. Cabe salientar que estes pontos podem ser vistos pelo enfoque tanto do aluno como pesquisador, como também do professor pesquisador da área de Educação científica.

Ressalta-se que a referida convergência epistemológica foi construída através de relações teóricas envolvendo os olhares histórico-filosóficos de ambos epistemólogos, de modo a contemplar uma defesa da História da Ciência por uma essência dinâmica e evolutiva, dialética, racional objetiva e normativa. Além do mais, cabe valorizar que ambas as epistemologias nasceram como fruto da Nova Filosofia da Ciência, como também, ambos os epistemólogos se caracterizam pela vertente racionalista do campo científico. A Figura 2, a seguir, ilustra de maneira sucinta os

principais pontos da convergência epistemológica envolvendo as concepções em ciência de Imre Lakatos e Gaston Bachelard.

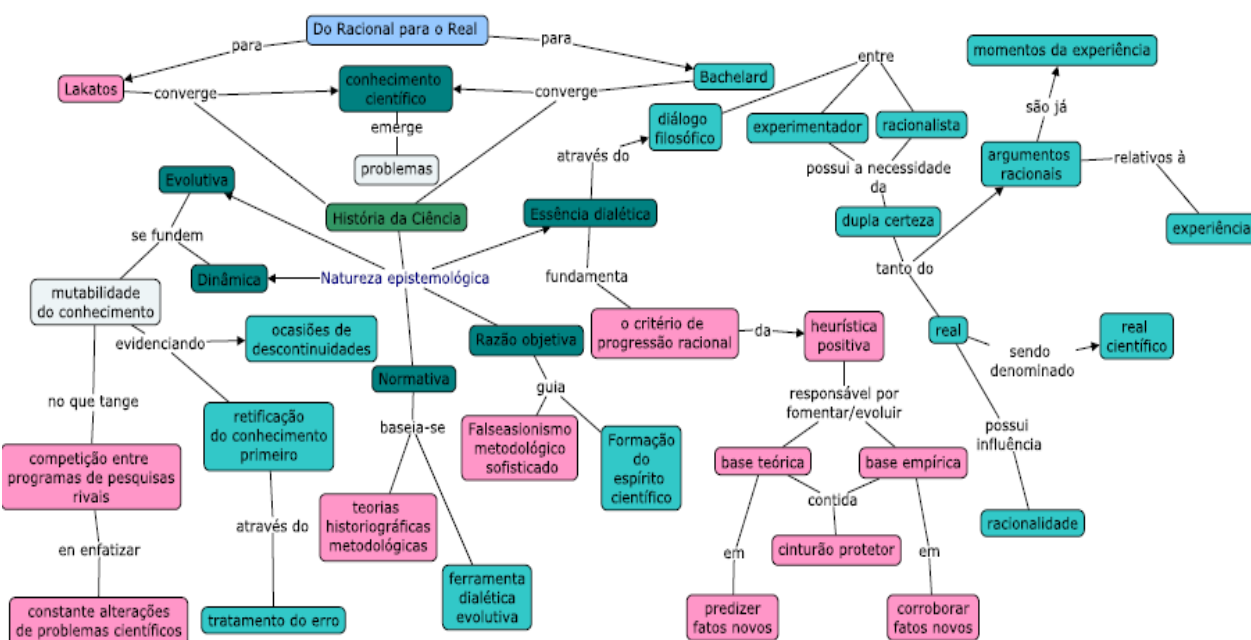


Figura 2: mapa conceitual ilustrando a convergência epistemológica entre as ideias/defesas em ciência de Gaston Bachelard e Imre Lakatos.

Considera-se relevante a inserção desta convergência epistemológica no contexto didático, pois a mesma sugere ao campo da Didática das Ciências novas perspectivas teórico-metodológicas. Visto que potencializa a historicidade científica como base essencial das discussões envolvendo os assuntos científicos no contexto do ensino, qualifica epistemológica e didaticamente as abordagens investigativas de natureza teórico-experimentais, além de valorizar a percepção da ciência por uma natureza racional, conjectural, evolutiva e naturalmente falível no Ensino de Ciências.

A História da Ciência é apresentada como relevante ferramenta reflexiva das principais ideias e defesas desses epistemólogos. Deste modo, relaciona-se os seguintes eixos de interconexão: dinamicidade/essência dialética, razão objetiva e concepção normativa. A Figura 3, a seguir, ilustra de maneira sucinta a relação entre a convergência epistemológica e o campo da Didática das Ciências.

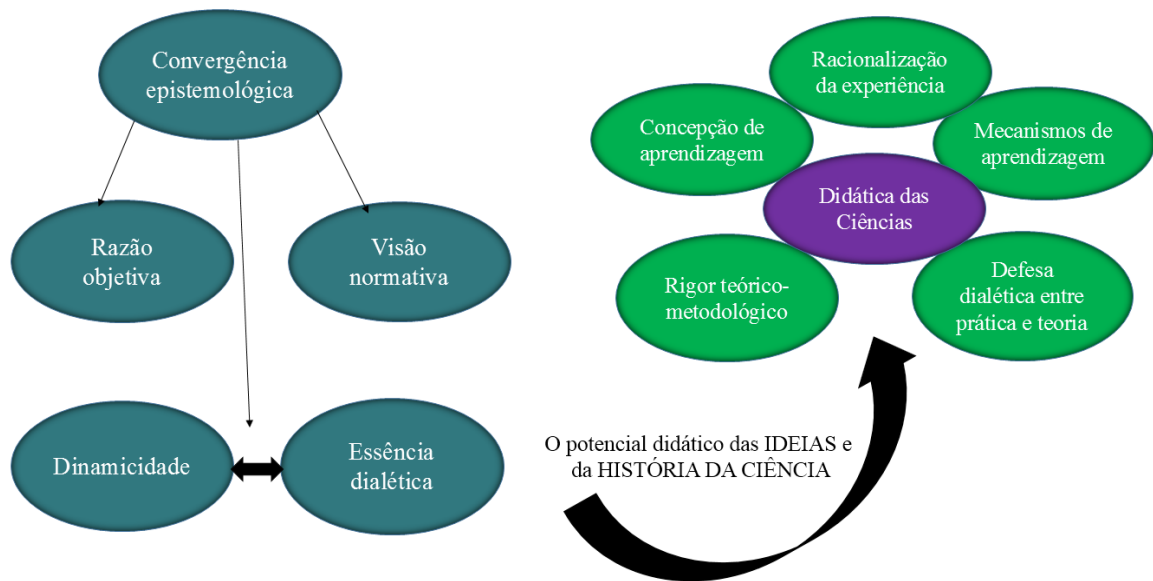


Figura 3: esquema conceitual ilustrando pontos de interconexão entre a convergência epistemológica e o contexto da Didática das Ciências.

Salienta-se que buscar-se-á apresentar, a seguir, na estrutura de metatextos alguns pontos convergentes envolvendo as epistemologias de Bachelard e Lakatos (em relação à História da Ciência) e o contexto da Didática das Ciências.

Dinamicidade e essência dialética da Ciência associadas ao conceito de aprendizagem e ao mecanismo de aprendizagem

Para ambos os epistemólogos o pensamento científico se desenvolve em um constante estágio de confrontação de ideias. Para Lakatos valoriza-se a percepção de um olhar dinâmico e essencialmente dialético envolvendo a competição dos programas investigativos rivais, de maneira a salientar como necessidade evolutiva a fomentação de teorias plurais no campo científico (LAKATOS, 1999). Já ao entendimento bachelardiano, o pensamento científico evolui à medida que consegue superar os obstáculos epistemológicos contidos na estrutura cognitiva de sua essência, desse modo a visão dinâmica e dialética bachelardiana relaciona-se a uma percepção do conhecimento científico em constante estado de devir e retificação do conhecimento anterior (BACHELARD, 2001).

Transpondo esta perspectiva para o conceito de aprendizagem pode-se supor que a construção do conhecimento é um processo dinâmico e que requer uma

variedade de ideias para sua evolução. Nesse sentido, tanto ao olhar bachelardiano como ao olhar lakatosiano, tem-se uma valorização das ideias prévias, de modo a relacioná-las com a busca da eliminação dos erros no processo de aprendizagem. Também pode-se entender que a aprendizagem se dá a partir de debates envolvendo as ideias prévias e o conhecimento científico. Desde uma perspectiva bachelardiana sobre a aprendizagem, esta se definiria ao passo que o aluno consegue realizar o tratamento (retificação) do erro, ou seja, possibilitando condições para que ocorra um processo de transformação do conhecimento primeiro em relação ao conhecimento científico (PIZZATO, 2010). Já em uma perspectiva lakatosiana, a aprendizagem, de maneira geral, designa a busca da consistência de ideias, tendo como critério a competição entre ideias rivais (núcleo firme e cinturão protetor), sendo que uma delas necessita deter maior poder heurístico que a outra (PIZZATO, 2010). Nessa perspectiva, a aprendizagem ocorre “pela confrontação de ideias rivais para a explicação de anomalias” (PIZZATO, 2010, p. 125, tradução nossa). Desta forma, as defesas de ambas epistemologias são somativas no sentido de aprendizagem.

Em relação ao mecanismo de aprendizagem, como citado anteriormente, ocorre a valorização das ideias prévias em ambos olhares epistemológicos. Considerando uma perspectiva bachelardiana, esse processo se relaciona diretamente aos três estados formativos do espírito científico, ocorrendo a partir da consciência do conhecimento prévio e o questionamento deste, de modo a valorizar um processo de superação dos obstáculos, bem como de lapidação do conhecimento em relação ao desenvolvimento cognitivo do aluno. Sob um olhar lakatosiano, relaciona-se à confrontação de ideias rivais com o intuito de explicar anomalias. Nesse sentido, as ideias dos alunos não são compreendidas como hipóteses isoladas, mas sim como séries de teorias, oriundas de construções racionais. Sendo tais teorias estruturadas por um núcleo firme de ideias sólidas (bem amarradas logicamente) e um cinturão protetor constituído por hipóteses auxiliares que visam proteger o núcleo firme (PIZZATO, 2010).

Dinamicidade e essência dialética da Ciência associadas à relação teoria-prática (razão-empíria) no Ensino de Ciências

Em ambas as epistemologias tem-se uma visão dialética envolvendo a compreensão do desenvolvimento das bases teóricas e empíricas do campo científico. Para Bachelard evidencia-se o diálogo filosófico das filosofias contrárias, de maneira a compreender a experiência guiada pelo norte da razão transformando-a em uma realidade científica, como também o pensamento compreendido como um conjunto de experiências a realizar (BACHELARD, 1996a). Já para Lakatos tem-se o desenvolvimento dialético que fortalece a heurística positiva de um programa investigativo no que tange ao crescimento interligado da base teórica (em prever fatos novos) e a base empírica (em corroborar estes fatos novos) (LAKATOS, 1993).

Deste modo, quando se redimensiona ao contexto didático, pode-se supor que ambas as epistemologias valorizam práticas experimentais em diálogo com as bases conceituais, de modo a antagonizarem em relação à visão dicotômica teoria-prática tão visualizado no ensino científico (MATTHEWS, 1995; MOREIRA; MASSONI, 2016). À perspectiva bachelardiana, aprender decorre de um embate dialético envolvendo a teoria e a técnica. Faz-se necessário ao professor estimular um comportamento contraintuitivo ao aluno, buscando abordar a experiência por diferentes pontos de vista, de modo a provocar e motivar rupturas entre o novo conhecimento e o conhecimento primeiro (oriundo do senso comum) (PIZZATO, 2010). Além do mais, à medida em que as questões teóricas se entrelaçam e desenvolvem aspectos empíricos, como também possibilidades empíricas transcendem as lentes cognitivas (teóricas) do aluno, observar-se um posicionamento dialético do aluno perante o mundo das ideias e o recanto da experimentação científica.

No que tange a uma perspectiva lakatosiana, entende-se que não há desenvolvimento científico sem o crescimento interligado das bases teóricas e empíricas, dessa forma redimensionando ao contexto didático, o aluno deve compreender de maneira interligada e relacional aspectos teóricos e empíricos. Além do mais, ao passo que o aluno consegue corroborar (verificar) o conhecimento novo aprendido em aula, como também aplicar a outros conhecimentos (prever fatos novos) o novo conhecimento discutido, tem-se uma aprendizagem no sentido progressiva. No entanto, quando o aluno apenas tende a modificar o seu cinturão protetor de ideias auxiliares para explicar os fatos conhecidos, mantendo intacto o

núcleo firme de suas ideias, tem-se uma aprendizagem no sentido regressiva (PIZZATO, 2010).

A razão objetiva e a racionalização da experiência (o processo de evolução das lentes cognitivas em relação ao aprendizado do aluno)

Ambas as epistemologias convergem ao entendimento de que o conhecimento científico emerge a partir da fomentação de problemas; são as perguntas que alavancam a evolução da razão científica e não a valorização de conceitos absolutos e imutáveis no campo científico (BACHELARD, 1996a; LAKATOS, 1999). Como também ambas as epistemologias explicitam uma visão racional cunhada por essência dialética e histórica. Para Bachelard “A razão é uma atividade psicológica essencialmente politrópica: procura reviver os problemas, variá-los uns aos outros, fazê-los proliferar. Para ser racionalizada a experiência precisa ser inserida num jogo de razões múltiplas (BACHELARD, 1996b, p. 51). Já a Lakatos a compreensão racional relaciona-se fortemente com o seu critério de progressão envolvendo o processo competitivo dos programas científicos “Para o falsificacionista sofisticado, adquirir conhecimentos sobre uma teoria consiste essencialmente em saber quais os factos novos que ela antecipou” (LAKATOS, 1999, p.43).

Seguindo esta linha de pensamento, a racionalização da experiência ou a ampliação das lentes cognitivas para se compreender o mundo relaciona-se fortemente com o valor heurístico do mundo das ideias e ao papel da mente humana como criadora de conhecimento sobre o mundo que o cerca. Desse modo, ao redimensionar ambos os olhares ao contexto didático, tem-se que o pensamento científico ou o aprender ciências nos motiva a olhar sobre diferentes contextos referenciais o mesmo ponto analisado, de modo a fomentar, assim, ao pensamento humano a percepção das coisas por diferentes perspectivas, como também expandir a noção do “tamanho do mundo” que podemos investigar. Desta forma, a razão objetiva cunhada por uma essência histórica apresenta-se como uma potencial ferramenta didática para organizar a desordem que o caminho cognitivo necessita passar para construir o conhecimento científico.

A concepção normativa associada ao rigor teórico-metodológico no Ensino de Ciências

Ambos epistemólogos evidenciam, em suas defesas normativas referentes à historicidade científica, um olhar que busca julgar o passado utilizando a ciência contemporânea como base referencial (BACHELARD, 1996b; LAKATOS, 1993). De maneira geral, a visão normativa bachelardiana se relaciona ao constante debate entre a consciência da modernidade e a consciência da historicidade como veículo reflexivo de evolução científica. Desse modo, segundo Bachelard, a razão evoluída atual permite clarificar com integralidade os erros cometidos pelo pensamento científico em seu passado, como também a historicidade científica possibilita pontos de reflexão à ciência futura (BACHELARD, 1996b). Já a visão lakatosiana contempla uma normatividade de cunho metodológico sobre a historicidade científica, de modo a redimensionar o seu critério de progressão racional envolvendo a dinâmica metodológica dos programas investigativos ao contexto dos programas historiográficos da ciência (LAKATOS, 1993).

Embora, Bachelard não traga em sua visão normativa uma base metodológica historiográfica (como Lakatos apresenta), Bachelard converge ao pensamento lakatosiano no que tange a importância do método para evolução do pensamento científico (como instrumento de sua razão objetiva). Ambos epistemólogos são defensores do método como base lógica de organização. Como também, defendem a perspectiva construtiva conjectural do conhecimento, valorizando a natureza teórica como caminho evolutivo de debates.

Redimensionando tais defesas epistêmicas ao campo didático observa-se que essa perspectiva normativa relaciona-se a um posicionamento didático que valoriza a necessidade de um ensino científico cunhado por um rigor¹⁹ teórico-metodológico. Tal posicionamento explicita-se ao ensino no que tange a fomentação de debates científicos que trabalham aspectos concernentes a natureza construtiva do conhecimento científico, de modo a valorizar um constante diálogo entre os conhecimentos prévios dos discentes e a literatura científica contemporânea através

¹⁹ Salienta-se que este rigor relaciona-se a fidelidade de defender e praticar o que se discute, distanciando-se da conotação de rigidez e obrigatoriedade.

de uma perspectiva teórico-metodológica envolvendo o processo de ensino e aprendizagem.

Considerações Finais

Por fim, este trabalho buscou apresentar uma relação da convergência epistemológica envolvendo as concepções em ciência de Imre Lakatos e Gaston Bachelard ao contexto da Didática das Ciências. As epistemologias de Lakatos e Bachelard possuem grande valia ao campo didático, pois fomentam concepções contemporâneas e defendem uma ciência aberta e em constante estágio de evolução. Salienta-se que este trabalho almeja motivar novas perspectivas teórico-metodológicas ao contexto didático, de modo a fomentar um distanciamento em relação às concepções alicerçadas no contexto de ensino que remetem à epistemologia tradicional.

Referências

BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico**. Lisboa: Edições 70, 1996a. 125 p.

BACHELARD, G. **A Epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2001. 220 p.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996b. 314 p.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Alianza Editorial, 1993. 315 p.

LAKATOS, I. **Falsificação e Metodologia dos programas de investigação científica**. Edições 70, 1999. 208 p.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Santa Catarina, v.12, n.3, p.164-214, dez, 1995.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/ física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. 220 p.

MOURA, P.R.G; SILVA, A.L.S; SOUZA, D. O. G.; DEL PINO, J. C. Contribuições à Educação Técnico-Científica em Heisenberg e Heidegger. **Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação**, v. 20, p. 179-199, 2013.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, Teoria e Observação em Ciência: Para uma Reorientação Epistemológica da Educação em Ciência. **Ciência & Educação**, v.8, nº1, p.127-145, 2002.

PIZZATO, M. C. **Enseñanza Coinspirada: Un estudio de Caso en la Formación de profesores de Ciencias**. 2010. 687 p. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, Espanha.