



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA
DOUTORADO EM FILOSOFIA

Com período sanduíche em Université de Bourgogne

DAVID VELANES DE ARAUJO

O NEOKANTISMO DE GASTON BACHELARD

SALVADOR – BA

2024

DAVID VELANES DE ARAUJO

O NEOKANTISMO DE GASTON BACHELARD

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal da Bahia, na Linha de Pesquisa Epistemologia e Filosofia da Linguagem, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Filosofia.

Orientadoras:

Profa. Dra. Elyana Barbosa

Profa. Dra. Patrícia Kauark-Leite

Período sanduíche em Université de Bourgogne

Orientador:

Prof. Dr. Jean-Philippe Pierron

SALVADOR – BA

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA
DOUTORADO EM FILOSOFIA
Com período sanduíche em Université de Bourgogne

DAVID VELANES DE ARAUJO

O NEOKANTISMO DE GASTON BACHELARD

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Patrícia Kauark-Leite (UFMG - orientadora)

Prof. Dr. Caio Augusto Teixeira Souto (UFAM)

Prof. Dr. Fábio Ferreira de Almeida (UFG)

Prof. Dr. Waldomiro José da Silva Filho (UFBA)

Prof. Dr. Malcom Guimarães Rodrigues (UFBA)

SALVADOR – BA

03 de agosto de 2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA), com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Araujo, David Velanes de
A663 O Neokantismo de Gaston Bachelard / David Velanes de Araujo, 2024.
182 f.

Orientadora: Profª. Drª. Elyana Barbosa
Orientadora: Profª. Drª. Patrícia Kauark-Leite

Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2024.

1. Filosofia da ciência e epistemologia. 2. Bachelard, Gaston, 1884-1962 - Neokantismo. 3. Kant, Immanuel, 1724-1804. 4. Racionalismo. 5. Epistemologia. Barbosa, Elyana. II. Kauark-Leite, Patrícia, III. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. IV. Título.

CDD: 159

Dedico esta tese à Elyana Barbosa (1945-2021), minha orientadora e amiga, a quem devo profundamente meus conhecimentos sobre o pensamento de Gaston Bachelard. Elyana foi uma inspiração constante, motivando-me a ser não apenas um pesquisador, mas também uma pessoa melhor.

Dedico também este trabalho ao meu pai, José de Araújo (1939-2021), que sempre foi meu grande exemplo, a quem devo minha formação como pessoa. Sua humildade, força e coragem continuam a me inspirar.

À memória de ambos, que não puderam permanecer neste mundo para testemunhar a conclusão desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de manifestar minha mais profunda gratidão à Professora Dra. Elyana Barbosa, que me acolheu como seu orientando desde o mestrado, pela confiança em meu trabalho, pelo apoio e pelos ensinamentos, sem os quais esta tese não teria se concretizado.

Expresso igualmente minha profunda gratidão à Professora Dra. Patrícia Kauark Leite, por ter me acolhido inicialmente no doutorado em Filosofia da UFMG, por ter permanecido vinculada a esta pesquisa, acreditando em meu trabalho, pelos seus valiosos ensinamentos e pela revisão minuciosa na redação desta tese.

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Fábio Ferreira de Almeida e ao Prof. Dr. Caio Augusto Teixeira Souto pelas cuidadosas análises e críticas levantadas no Exame de Qualificação, que foram importantes para o desenvolvimento da tese.

Je tiens également à exprimer ma gratitude au Prof. Dr. Jean-Philippe Pierron, qui m'a accueilli à l'Université de Bourgogne lors de mon séjour académique et dont les échanges ont été essentiels pour le renforcement de l'idée générale de cette thèse.

Não poderia deixar de registrar meus agradecimentos à minha mãe, Hildeth Velanes Araújo, e ao meu pai, José de Araújo, aos meus irmãos e minhas irmãs pelo apoio incondicional e infinito. Também agradeço aos meus amigos e amigas, especialmente a Tiago Sousa, Leopoldo Neto, Regina Xavier, André Venâncio e Mickaël Paque e Emerson Rodrigues, que nunca deixaram de me incentivar.

Agradeço à minha psicanalista e psicóloga Ivone Leite Sombra pelo apoio e pelas reflexões que me ajudaram a chegar até aqui.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio concedido através da bolsa de estudos DS e pelo apoio financeiro por meio da bolsa CAPES-Print, que me proporcionou a oportunidade de entrar em contato com pesquisadores na França, contribuindo significativamente não só para a construção da minha pesquisa doutoral, mas também da minha formação em geral.

Agradeço aos Professores Dr. Waldomiro José da Silva Filho, Dr. Malcom Guimarães Rodrigues, Dr. Caio Augusto Teixeira Souto e Dr. Fábio Ferreira de Almeida por aceitarem compor a banca de defesa desta tese.

Por fim, expresso minha gratidão à Universidade Federal da Bahia (UFBA) e, em particular, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia (PPGF-UFBA), por toda contribuição à minha formação acadêmica e pessoal.

Resumo:

Esta tese analisa como Gaston Bachelard recebeu e interpretou a filosofia crítica de Immanuel Kant, ressaltando o aspecto neokantiano que permeia seu racionalismo aplicado. Bachelard, influenciado pelo neokantismo francês, reconheceu que as ideias kantianas não poderiam ser diretamente aplicadas à interpretação da mecânica quântica: uma ciência que instaurou uma *ruptura epistemológica* com os preceitos da física clássica e desafiou os princípios fundamentais do kantismo. No entanto, Bachelard percebeu que os princípios kantianos ainda ofereciam uma alternativa fecunda para enfrentar os desafios dessa nova ciência. Ele propôs, assim, um *não kantismo* ou *kantismo aberto*, que representa uma filosofia inspirada na perspectiva transcendental de Kant, porém adaptada ao contexto científico contemporâneo. Essa nova filosofia, que constitui um novo racionalismo, resulta de um projeto de flexibilização, expansão e dinamização das categorias kantianas, em oposição à concepção de uma razão absoluta e imutável defendida por Kant. Bachelard incorpora a noção kantiana de *númeno positivo* para explicar a objetivação do objeto quântico, que ele considera um objeto do pensamento matemático realizado na experimentação técnica. Isso pressupõe não apenas um novo modelo de esquematismo, elaborado por Bachelard por meio de uma analogia com o *esquematismo transcendental*, mas também uma atualização dos juízos sintéticos *a priori*, preservando, assim, a perspectiva transcendental.

Palavras-chave: Bachelard. *Não kantismo*. Racionalismo aplicado. Kant.

Résumé:

Cette thèse analyse comment Gaston Bachelard a reçu et interprété la philosophie critique d'Immanuel Kant, mettant en évidence l'aspect néo-kantien qui imprègne son rationalisme appliqué. Bachelard, influencé par le néo-kantisme français, a reconnu que les idées kantienne ne pouvaient être directement appliquées à l'interprétation de la mécanique quantique : une science qui a instauré une *rupture épistémologique* avec les préceptes de la physique classique et défié les principes fondamentaux du kantisme. Cependant, Bachelard a perçu que les principes kantien offraient encore une alternative féconde pour relever les défis de cette nouvelle science. Il a ainsi proposé un *non-kantisme* ou *kantisme ouvert*, représentant une philosophie inspirée de la perspective transcendantale de Kant, mais adaptée au contexte scientifique contemporain. Cette nouvelle philosophie, qui constitue un nouveau rationalisme, résulte d'un projet de flexibilisation, d'expansion et de dynamisation des catégories kantienne, en opposition à la conception d'une raison absolue et immuable défendue par Kant. Bachelard intègre la notion kantienne de *noumène positif* pour expliquer l'objectivation de l'objet quantique, qu'il considère comme un objet de la pensée mathématique réalisé dans l'expérimentation technique. Cela implique non seulement un nouveau modèle de schématisation, élaboré par Bachelard par analogie avec le *schématisme transcendantal*, mais aussi une révision des jugements synthétiques *a priori*, préservant ainsi la perspective transcendantale.

Mots-clés : Bachelard. *Non-kantisme*. Rationalisme appliqué. Kant.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO I - RUPTURA EPISTEMOLÓGICA E MECÂNICA QUÂNTICA.....	26
1.1 A noção bachelardiana de <i>ruptura epistemológica</i>	26
1.1.1 Primeiro aspecto da noção de <i>ruptura epistemológica</i>	27
1.1.2 Segundo aspecto da noção de <i>ruptura epistemológica</i>	33
1.2 <i>Ruptura epistemológica e eventos da razão</i> : uma aproximação com Brunschvicg:39	
1.3 A epistemologia histórica bachelardiana	44
1.4 Mecânica quântica como <i>ruptura epistemológica</i>	54
1.5 A ruptura no objeto do conhecimento	59
1.6 <i>Atomismo axiomático</i> ou mecânica quântica.....	69
CAPÍTULO II – O RACIONALISMO APLICADO	76
2.1 Crítica às “filosofias tradicionais”	76
2.2 A crítica bachelardiana à lógica transcendental	82
2.3 A crítica a Kant no meio intelectual científico de Bachelard	91
2.4 A adequação do pensamento filosófico	96
2.5 O racionalismo aplicado	100
2.6 A dualidade racional-empírica do objeto quântico e Renouvier	107
2.7 O racionalismo aplicado e Brunschvicg	110
CAPÍTULO III – O NEOKANTISMO DE BACHELARD	120
3.1 Um projeto de flexibilização e expansão do kantismo	120
3.2 O <i>númeno matemático</i> : objeto quântico e <i>coisa em si</i>	129
3.3 A reformulação das intuições puras.....	141
3.4 A reforma das categorias do entendimento	147
3.5 A ideia de <i>esquematismo</i> : mediação entre matemática e experimentação	155
3.6 A reinterpretação da síntese kantiana e os juízos sintéticos <i>a priori</i>	164
3.7 Sujeito transcendental e comunidade científica.....	171
CONCLUSÃO.....	174
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	179

INTRODUÇÃO

No contexto intelectual francês da segunda metade do século XIX e início do século XX, vários filósofos reformularam as ideias de Kant, considerando-as um referencial fecundo para abordar os problemas relativos à razão teórica e à razão prática. Esses filósofos buscaram reformar as ideias kantianas não apenas em resposta aos novos desafios filosóficos, mas também em decorrência das inovações nas ideias científicas que as colocaram xeque. Desse modo, eles desempenharam um papel importante na formação do movimento neokantiano na França. Esse movimento foi impulsionado por diversos fatores, que incluíram desde a tradução das obras de Kant para o francês até palestras e cursos voltados para a discussão do pensamento do filósofo alemão sobretudo na *École Normale Supérieure* e na tradicional universidade Sorbonne

Segundo Fabien Capeillère (1998, p. 409), a assimilação das ideias de Kant na França ocorreu de maneira notavelmente precoce. “As primeiras traduções começaram em 1796, com as três *Críticas* sendo publicadas antes de 1850. Comentários começaram a surgir já em 1801, e cursos foram ministrados a partir de 1811”,¹ como aqueles oferecidos por Jules Lachelier (1832-1918), na *École Normale Supérieure*, por Émile Boutroux (1845-1921), na Sorbonne, por Arthur Hannequin (1856-1905), na Universidade de Lyon, e por Octave Hamelin (1856-1907), na Universidade de Bordeaux.²

Além disso, diversos filósofos franceses reconheceram no kantismo uma via fértil na elaboração de uma alternativa e resposta crítica aos princípios positivistas e materialistas. Nesse contexto, destacaram-se as ideias de Jules Lachelier e Charles Renouvier (1815-1903) e, posteriormente, as concepções de Émile Boutroux e Léon Brunschvicg (1869-1944). Esse fato igualmente impactou diretamente na implementação das ideias kantianas no meio filosófico francês (Bréhier, 1950, Janssens, 1904).

Segundo Janssens (1904, p. 11-13), na França do século XIX, duas correntes filosóficas distintas moldavam o pensamento da época. De um lado, havia uma corrente fundamentada no positivismo e materialismo, associada a filósofos como Auguste Comte (1798-1857). Por outro lado, existia uma abordagem espiritualista e idealista, vinculada ao cartesianismo, bem como ao idealismo kantiano e pós-kantiano. O autor explica que a assimilação das ideias kantianas se deu em um momento em que o positivismo adquiria ascendência, desempenhando, nesse

¹ "La réception de Kant en France fut très précoce. C'est en 1796 que commencent les premières traductions, celles des trois *Critiques* paraissant antérieurement à 1850. Les commentaires fleurissent dès 1801 et les cours à partir de 1811".

² Para uma análise mais aprofundada acerca desses cursos, pode-se conferir CAPELLÈRES (1998, p. 428-429).

sentido, um papel crítico em relação aos princípios positivistas. “Uma reação espiritualista [contra o positivismo] ganhou cada vez mais espaço. O kantismo introduziu-se na França”.³

Felix Ravaisson (1813-1900) desempenhou um papel significativo na formação do neokantismo na França. Em seu *Rapport*, de 1867, ele elogia Kant e fomenta a tese da origem espiritual do conhecimento. Os ensinamentos de Lachelier, na *École Normale Supérieure*, entre 1864 e 1875, representaram um retorno a Kant. Seu *Cours de logique*, que busca uma explicação geral dos princípios do conhecimento, foi posteriormente adotado por Boutroux, seu discípulo.⁴ Renouvier, entre 1854 e 1897, apresentou seu projeto de reformulação do criticismo nos cinco *Essais de critique générale*. Louis Liard (1846-1917), em sua tese, *Les définitions géométriques et les définitions empiriques*, de 1873, destaca a natureza apriorística das noções matemáticas, revelando-se como uma obra fundamentada em princípios kantianos. Em *La science et la métaphysique*, de 1879, ele questiona as delimitações entre ciência e metafísica. Arthur Hannequin oferecia cursos sobre Kant em Lyon. Em *Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine*, de 1895, ele propôs uma interpretação do atomismo baseada em princípios kantianos, na qual ele defende que a necessidade do atomismo reside na estrutura do nosso conhecimento (Capeillères, 1998, Bréhier, 1964).

Bachelard nomeou a abordagem apresentada por Hannequin acerca das hipóteses dos átomos como *atomismo criticista*. Em *Les intuitions atomistiques*,⁵ ele reconhece o valor das análises do filósofo neokantiano, bem como da influência do pensamento de Kant na época: “a investigação conduzida por Hannequin sobre a ciência de seu tempo é tão perspicaz e abrangente que pode parecer injusto caracterizá-la com a denominação muito estreita de *atomismo criticista*”. Bachelard acrescenta que, “no entanto, mesmo sob as fórmulas mais cautelosas, pode-se ver reaparecer a grande lição kantiana”.⁶

³ "une réaction spiritualiste [contre le positivisme] s'est fait une place de plus en plus large. Le kantisme a pénétré en France".

⁴ Acerca do neokantismo de Lachelier, pode-ser conferir BRÉHIER (1964, p. 873-875) e CAPEILLÈRES (1998, p. 418-424).

⁵ No capítulo “L’atomisme criticiste”, Bachelard direciona suas reflexões para as ideias de Arthur Hannequin. Ele explica que Hannequin tem o objetivo de demonstrar que a noção de átomo poderia ser entendida como um princípio heurístico do espírito na compreensão do real, e, dessa forma, destituída inteiramente de um caráter realista e empírico. Segundo Bachelard, na tese de Hannequin, “o atomismo não reside no objeto examinado, que, portanto, não é de forma alguma realista, mas, ao contrário, esse atomismo é solidário com o método de exame”. Bachelard reconhece que o *atomismo criticista* apresentou um avanço nas reflexões acerca da natureza dos átomos. No entanto, ainda era possível identificar traços de um realismo. Ele pode exercer, assim, influência na reflexão acerca dos objetos microfísicos, os quais não apresentam relação com o mundo do objeto comum.

⁶ "L'enquête menée par Hannequin sur la science de son temps est si avvertie et si ample qu'il peut sembler injuste de la caractériser par la dénomination assez étroite d'*atomisme criticiste*. Cependant, même sous les formules les plus précautionneuses, on va voir réapparaître la grande leçon kantienne" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 103).

Ainda no contexto de aparecimento e aceitação das ideias kantianas no cenário filosófico francês, destacam-se Boutroux e Brunschvicg. Boutroux, não apenas sob orientação das ideias de Lachelier, mas também em proximidade com os neokantianos alemães, ministrou cursos sobre Kant na Sorbonne entre 1896 e 1897, dos quais resultaram sua obra *La philosophie de Kant*, em 1926. Brunschvicg, discípulo de Boutroux, seguiu os passos de seu mestre e de Lachelier, posicionando-se dentro do idealismo crítico francês (Capeillères, 1998, p. 408). Em seu artigo *L'idée critique et le système kantien*, de 1924, Brunschvicg apresenta explicitamente seu projeto de reforma do kantismo, no qual, por um lado, ele critica o quadro kantiano das formas e categorias face às inovações científicas e, por outro lado, elogia Kant por ter introduzido a *ideia crítica* na história do pensamento.

É importante enfatizar que o movimento neokantiano francês não se restringe apenas aos filósofos previamente mencionados. O neokantismo francês foi um movimento filosófico intrincado, notavelmente heterogêneo e diversificado, marcado por interconexões e influências entre diversos filósofos (Lequan, 2018, Capeillères, 1998). Nesse sentido, nesta introdução, não seria possível realizar uma análise exaustiva e minuciosa desta corrente filosófica.

No entanto, em nossa investigação, três filósofos em particular pareceram se destacar como figuras proeminentes na transição do século XIX para o século XX: Renouvier, Boutroux e Brunschvicg. Suas ideias se apresentam como centros de convergência dessa corrente de pensamento. Essa observação é corroborada pela análise de Capeillères (1998), que identifica nesses filósofos as recepções mais significativas das ideias de Kant na França. O autor ressalta a importância fundamental de Boutroux, ao mesmo tempo que reconhece o papel de Brunschvicg, que surge posteriormente, e também de Renouvier, que embora seja “cronologicamente muito anterior, é, na verdade, do ponto de vista de sua influência na história das ideias filosóficas, paralelo a Boutroux”.⁷

Segundo Janssens (1904, p. 13), Renouvier é “o principal representante desse movimento neokantiano. Ele tem seu lugar como o fundador e o mestre da escola neocrítica”⁸ na França. Além de seus *Essais de critique générale* as revistas *Critique philosophique* e *Année*

⁷ “O kantismo francês na virada do século é dominado por três figuras: Renouvier, Boutroux e Brunschvicg. Pareceu-me que, numa perspectiva de estudo genealógico desse movimento, o ponto crucial é Emile Boutroux. Por um lado, Brunschvicg entra em cena posteriormente, por outro, Renouvier, embora cronologicamente muito anterior, é, na verdade, do ponto de vista de sua influência na história das ideias filosóficas, paralelo a Boutroux” (CAPEILLERES, 1998, p. 408). [Le kantisme français du tournant du siècle est dominé par trois figures : Renouvier, Boutroux et Brunschvicg. Il m'a semblé que, dans la perspective d'une étude généalogique de ce courant, le point nodal est Emile Boutroux. D'une part, Brunschvicg intervient postérieurement, d'autre part Renouvier, bien que chronologiquement largement antérieur, est en fait, du point de vue de son influence dans l'histoire des idées philosophiques, parallèle à Boutroux].

⁸ “le principal représentant de ce mouvement néo-kantien. Il y prend place comme fondateur et chef de l'école néo-critique”.

philosophique, fundadas por ele e François Pillon (1830-1914), outro pensador neokantiano, foram igualmente importantes na divulgação de suas ideias e na constituição do neokantismo francês⁹ (Janssens, 1904, Séailles, 1905, Capeillères, 1998).

Segundo Renouvier, a revista *Critique philosophique* se tratava do “órgão de uma grande doutrina nascida do espírito do século XVIII e da Revolução Francesa, cujos princípios foram estabelecidos por Kant”. Ele acrescenta que depois de seu trabalho de reformulação da doutrina kantiana, esta se apresentaria doravante “livre das contradições e erros que originalmente a obscureceram e que impediram seu progresso”. Ela teria sido então “renovada por uma nova análise das leis do pensamento e dos meios de conhecimento que lhe deu o que não recebeu de Kant, um caráter verdadeiramente positivo e uma unidade sistemática completa e harmoniosa.¹⁰

Capeillères (1998, p. 415) explica que o projeto de Renouvier não seguiu uma linha estritamente kantiana, na medida em que apenas podia se realizar instaurando ressignificações no kantismo. No entanto, se por um lado, ele teria se distanciado de Kant, por outro, o filósofo alemão é sistematicamente mantido como referência maior. “Temos, portanto, desde o início do neocriticismo [francês] um programa baseado em Kant, mas que reconhece o fracasso deste último”.¹¹ É por essa razão que Janssens (1904, p. 21) escreve que Renouvier foi seguramente um continuador de Kant: “seu lugar é no movimento pós-kantiano. Mas ele se afasta do mestre pelo fato de propor um trabalho mais lógico e mais conforme aos princípios da doutrina”.¹²

No prefácio do primeiro volume de *Essais de critique générale*, Renouvier (1912 [1854], p. XI) escreve que seu objetivo é elaborar uma análise tanto dos princípios do conhecimento em geral quanto dos princípios sobre os quais as ciências estão constituídas. Para esse projeto filosófico de inspiração kantiana, ele afirma que seu método é o da *crítica*. É na crítica que se deve basear toda análise filosófica a fim de evitar que razão e crença não se misturem.

⁹ Para aprofundar a compreensão acerca do projeto dessas revistas, pode-se conferir FEDI (2002).

¹⁰ “l'organe d'une grande doctrine née de l'esprit du XVIII^e siècle et de la Révolution française, dont les principes ont été posés par Kant et qui se présente aujourd'hui dégagée des contradictions et des erreurs qui l'obscurcissaient à l'origine et qui avaient nui à ses progrès, renouvelée par une nouvelle analyse des lois de la pensée et des moyens de la connaissance qui lui a donné ce qu'elle n'avait pas reçu de Kant, un caractère vraiment positif et une complète et harmonieuse unité systématique” (RENOUVIER apud JANSSENS, 1904, p. 4). Cf. também SÉAILLE (1905, p. 11).

¹¹ “On a donc, dès le départ du néocriticisme, un programme établi à partir de Kant, mais qui prend acte d'un échec de ce dernier”.

¹² “Renouvier est assurément un continuateur de l'illustre auteur de la *Critique de la raison pure*, sa place est dans le mouvement postkantien. Mais il s'écarte du maître en ce qu'il a voulu faire œuvre plus logique et plus conforme aux principes de la doctrine”.

Segundo Renouvier, se a crítica fosse o fundamento de toda filosofia, esta não teria sido levada à busca de ideias para além de todas as possibilidades do conhecimento. A crítica, como método para a filosofia, é importante na medida em que “ela se inspira no espírito da ciência; ela é esse espírito mesmo. Não é uma teologia, uma cosmogonia, um sistema do universo em si”. Renouvier ainda acrescenta que a crítica não tem relação alguma com a metafísica, “com a qual os seguidores penetram a substância, medem o infinito, constroem o absoluto, afirmam os contraditórios e não se acreditam obrigados a ouvir suas próprias hipóteses”.¹³ A crítica deve instaurar uma lógica que coloque os limites às pretensões do saber.

Desse modo, ao reconhecer o valor da crítica na análise do problema da metafísica para o pensamento filosófico, Renouvier considera necessário retornar a Kant. Em suas palavras: “Admito claramente que continuo Kant; e, como é uma ambição boa e necessária para qualquer um que ouse propor seus pensamentos ao público, a minha seria prosseguir seriamente na França o trabalho da crítica que foi perdido na Alemanha”.¹⁴

Séailles (1905, p. 27/32) explica que Renouvier reconheceu que um dos maiores méritos de Kant foi a ideia mesma de crítica, que, em vez de edificar uma nova metafísica, buscou investigar as condições de possibilidade do conhecimento. Entretanto, Kant teria cometido o erro de manter a ideia de númeno, substância e *coisa em si*, ligando-se não apenas à velha metafísica, mas também à tradição ontológica. Por essa razão, ele julgou como fundamental instaurar uma reforma do criticismo. É importante acrescentar que a sua reformulação da doutrina kantiana também foi motivada pelas ideias positivistas. Segundo Milhaud (1927, p. 69), sob a influência do positivismo de Comte, Renouvier procurou romper com a velha metafísica, construindo uma nova teoria do conhecimento com a qual ele pretendia rechaçar a noção de númeno.

Renouvier escreve: “quero declarar aqui que eu aceito uma fórmula fundamental da *escola positivista*: a redução do conhecimento às leis dos fenômenos”. Ele afirma fazer uso constante desse princípio na maior parte dos *Essais* e escreve acreditar que tal princípio se encontra “de acordo com o método de Kant, embora esse filósofo, prejudicado pela tradição metafísica, não o tenha deixado claro ou seguido com clareza suficiente”.¹⁵

¹³ "Elle s'inspire de l'esprit de la science ; elle est cet esprit même. Elle n'est pas une théologie, une cosmogonie, un système de l'univers en soi. Elle n'a rien de cette ancienne métaphysique dont les poursuivants pénètrent la substance, mesurent l'infini, construisent l'absolu, affirment les contradictoires et ne se croient pas tenus d'entendre leurs propres hypothèses" (RENOUVIER, 1912 [1854], p. XII).

¹⁴ "J'avoue donc nettement que je continue Kant ; et, comme une ambition est bonne et nécessaire chez quiconque ose proposer ses pensées au public, la mienne serait de poursuivre sérieusement en France l'œuvre de la critique, manquée en Allemagne" (RENOUVIER, 1912 [1854], p. XV).

¹⁵ "je veux déclarer ici que j'accepte une formule fondamentale de l'*école positiviste* : la réduction de la connaissance aux lois des phénomènes. Ce principe, dont je dois faire un constant usage, la plus grande partie de

No entanto, Capeillères (1998, p. 416) argumenta que a admissão do princípio positivista é apenas aparente. Ao caracterizar o fenômeno como uma determinação da representação, Renouvier se distanciaria radicalmente de Comte, que, como observa Milhaud (1927), limita suas análises ao domínio dos dados positivos, sem se preocupar com as representações subjacentes às leis que os regulam. A análise das condições de possibilidade do pensamento e do conhecimento é estranha a Comte. Quando Renouvier fala de fenomenismo, é a Kant, e não a Comte, que ele se filia. “Podemos dizer que seu fenomenismo deriva em linha reta da Crítica da Razão Pura (...) o espírito desse fenomenismo, como emerge de todas as análises de Renouvier, é o do próprio Kant” (MILHAUD, 1927, p. 69).¹⁶

Segundo Janssens (1904, p. 11/14-15), a influência de Renouvier sobre a filosofia francesa do início do século XX foi significativa, afetando “muitos filósofos pertencentes ao movimento neokantiano”,¹⁷ tais como Émile Boutroux e Victor Brochard (1848-1907). Capeillères observa, entretanto, que a formação filosófica de Boutroux foi influenciada principalmente por seu mestre Lachelier e pelos cursos ministrados por Eduard Zeller (1814-1908), na Alemanha. Zeller, um dos reformadores de Kant, acreditava que o meio intelectual alemão deveria retornar ao pensamento crítico acerca das condições de possibilidade do conhecimento, baseando-se principalmente na experiência e nas leis *a priori* do conhecimento. Esse período foi marcado pelo “apogeu da onda neokantiana na Alemanha”, que teve um impacto significativo no pensamento de Boutroux (Capeillères, 1998, p. 431-432).¹⁸

Em *La philosophie de Kant*, Boutroux observa que, em sua época, a relação dos franceses com a filosofia de Kant era mais estreita do que cinquenta anos antes. Boutroux ainda enfatiza que a doutrina kantiana foi objeto de estudo na Sorbonne por Janet desde 1867, na *École Normale*, por Lachelier, e na revista *Critique philosophique*, fundada por Renouvier e Pillon. Essas análises contribuíram para o ressurgimento da crítica à metafísica e implicaram na necessidade de confrontar as ciências do espírito com as ciências da natureza, culminando no reconhecimento da filosofia como a ciência das ciências, e não mais como uma disciplina

ce premier *Essai* est consacrée à l'établir par l'analyse de la connaissance elle-même ; et je le crois conforme à la méthode de Kant, quoique ce philosophe, gêné par la tradition métaphysique, ne l'ai pas assez nettement dégagé ou suivi" (RENOUVIER, 1912 [1854], p. XVI).

¹⁶ "On peut dire que son phénoménisme dérive en ligne droite de la Critique de la Raison pure (...) l'esprit de ce phénoménisme tel qu'il se dégage de l'ensemble des analyses de Renouvier, c'est celui même de Kant".

¹⁷ "L'action de Renouvier s'étend plus loin que ses disciples et ses collaborateurs. Elle se produisit sur de nombreux philosophes appartenant au mouvement néo-kantien".

¹⁸ Acerca desse contexto intelectual vivido por Boutroux, bem como uma análise acerca de sua filosofia, pode-se conferir BRUNSCHVICG (1954 [1954], p. 233-253).

isolada. Assim, o estudo de Kant assumiu um papel essencial na abordagem dos problemas contemporâneos na França.¹⁹

Boutroux escreve que as pesquisas em Kant estavam fundamentadas na ideia segundo a qual se deve “admitir que a experiência é a única fonte de nosso conhecimento, que não há conhecimento efetivo a menos que esteja apoiado em fatos e, ao mesmo tempo, manter o caráter absoluto da moral”. A doutrina kantiana “responde exatamente ao nosso estado de espírito (...) o problema kantiano é o nosso. Em seus escritos, é de nós que trata: *nostra res agitar*.”²⁰

Nas ideias de Boutroux, a proposta de um retorno a Kant tinha como objetivo conferir à filosofia um ideal de cientificidade. Ele rejeitava, assim, o pensamento metafísico especulativo baseado apenas em princípios puramente *a priori*. Para tanto, ele buscou fundamentar suas ideias nas ciências, a fim de se contrapor à metafísica especulativa, adotando, aparentemente, uma postura positivista. No entanto, ao contrário do positivismo, Boutroux considerou restringir o domínio da ciência e a validade de seus métodos, abrindo espaço para a esfera da moral e da religião (Capeillères, 1998, Bréhier, 1964).

Segundo Capeillères (1998, p. 436-440), a peculiaridade do neokantismo de Boutroux reside na separação entre o puro e o empírico. Essa abordagem rejeita o fundamental da filosofia de Kant, que é o transcendental, representado pelos elementos *a priori* como as condições de possibilidade do conhecimento. Sua abordagem não se trata de uma retomada doutrinal da filosofia kantiana. Seu retorno a Kant tem a ver com a maneira pela qual a tradição espiritualista francesa reinterpretou o kantismo. Suas ideias estão mais alinhadas com as de Ravaisson e Lachelier do que com o Kant histórico.

No final de seu artigo, Capeillères (1998, p. 442) escreve que o neokantismo de Boutroux, “consiste em uma estrutura sistemática ou enciclopédica das ordens do real, estrutura pensada a partir de um fundamento espiritualista”. Trata-se, portanto, de uma filosofia da razão, “assumindo a forma de uma filosofia espiritualista da cultura: ela tenta pensar, graça ao conceito de espírito, a unidade dinâmica das ciências da natureza e das *Geisteswissenschaften*.”

¹⁹ "De plus, nous Français, nous nous trouvons avoir en ce moment, avec la philosophie de Kant, un rapport plus étroit qu'il y a une cinquantaine d'années. La philosophie de Kant a été étudiée pour elle-même, à la Sorbonne, par M. Janet ; à partir de 1867 ; à l'Ecole Normale par M. Lachelier ; clans la *Critique philosophique*, par MM. Renouvier et Pillon. Ces études ont contribué pour une part au réveil du sens métaphysique dans notre pays. En même temps que la métaphysique, a reparu le besoin de confronter les sciences de l'esprit avec les sciences de la nature, de telle sorte qu'aujourd'hui la philosophie apparaît comme la science des sciences, et non plus comme une science séparée. Dès lors, revenir à l'étude de Kant, ce n'est pas seulement faire œuvre d'érudit, d'historien, de dilettante, c'est puiser des connaissances et des forces utiles pour aborder les problèmes qui s'imposent à nous" (BOUTROUX, 1926 [1926], p. 12).

²⁰ "Cette doctrine si l'on n'y prend garde, répond exactement à notre état d'esprit (...) le problème kantien est le nôtre. Dans ses écrits, c'est de nous qu'il est question : *nostra res agitar*" (BOUTROUX, 1926 [1926], p. 11).

Brunschvicg será o herdeiro de seus passos.”²¹ Isso corrobora com a afirmação de Brenner (2001, p. 315), que destaca que Brunschvicg se alinha à perspectiva aberta por Boutroux ao analisar as crises enfrentadas pelas teorias físicas ao longo da história, bem como suas implicações.

Segundo Cardim (2015, p. 163-164), Brunschvicg também se inspirou no pensamento alemão, particularmente em Kant. Por meio de suas ideias, ele encontrou orientação para abordar os problemas de sua época e elaborou a sua filosofia da atividade intelectual, inscrita no domínio do espiritualismo francês. O autor escreve que a influência kantiana é de tal modo que as ideias de Brunschvicg transmitem “a herança do idealismo tal como Kant o compreendeu”. Seu projeto filosófico consistiu em uma espécie de reabilitação de Kant ao compreender que as ideias kantianas eram possíveis ao pensamento contemporâneo.

Sinaceur (2006, p. 349) acrescenta que Brunschvicg elogiou a contribuição de Kant em trazer a objetividade científica para a razão humana. No entanto, ele criticou o fato de o filósofo alemão ter estabelecido formas *a priori* imutáveis, as quais foram colocadas em questão pelas descobertas científicas do século XIX e início do século XX. O esquema kantiano das formas e categorias se revelou limitado no entendimento dessas descobertas. Desse modo, uma reavaliação da epistemologia kantiana se fez necessária. A reformulação do kantismo proposta por Brunschvicg consistiu, de modo geral, em “separar a atitude crítica do quadro kantiano das formas *a priori* da intuição e das categorias da razão”,²² conforme iremos enfatizar nos próximos parágrafos.

Em *L'idée critique et le système kantien*, Brunschvicg ressalta a importância de reconsiderar as concepções de Kant em virtude das transformações trazidas pela nova física. Na segunda página desse trabalho, ele proclama a necessidade de adotar uma perspectiva diferenciada em relação ao neokantismo de sua época ao reconhecer que, “em 1924, após a grande perturbação na Europa, como ocorreu com as teorias da relatividade que conferiram à ciência uma nova fisionomia, as questões que somos tentados a colocar ao kantismo são de uma natureza completamente diferente”.²³

²¹ "La philosophie de la contingence de Boutroux consiste en une structure systématique ou encyclopédique des ordres du réel, structure pensée à partir d'un fondement spiritualiste. On aboutit à la philosophie de la raison ou de l'esprit, prenant le visage d'une philosophie spiritualiste de la culture : elle tente de penser, grâce au concept d'esprit, l'unité dynamique des sciences de la nature et des *Geisteswissenschaften*. Brunschvicg en sera l'héritier".

²² "Brunschvicg thus proposed to separate out the critical attitude from the Kantian canvas of *a priori* forms of intuition and categories of reason".

²³ "En 1924, après le grand bouleversement de l'Europe, comme avec les théories de la relativité qui donnent à la science une physionomie nouvelle, les questions que nous sommes tentés de poser au kantisme sont d'un ordre tout différent" (BRUNSCHVICG, 1924 [1924], p. 134).

Segundo Brunschvicg, as formas *a priori* da sensibilidade e as categorias do entendimento, definidas por Kant como condições de possibilidade do conhecimento e como elementos fixos e imutáveis, já não conseguem mais atender às exigências trazidas pelas recentes descobertas científicas. Kant se fundamentou na imutabilidade da legislação científica, “atestada aos seus olhos pelo caráter *a priori* das sínteses que são a base das matemáticas e da física”. No entanto, na contemporaneidade, “estamos no direito de questionar: o que restará da teoria da consciência transcendental”, uma vez que as ciências “de modo algum se resignam à docilidade imóvel que Kant havia antecipado”. Brunschvicg ainda enfatiza “que em todas as partes [as ciências] fizeram estalar” as estruturas às quais a epistemológica kantiana havia “prescrito que se respeitasse a linha definitiva.” O avanço das ciências comprometeu a necessidade e universalidade dessas formas e categorias *a priori*.²⁴

O filósofo idealista francês evidencia que o problema relacionado aos *a priori* do conhecimento, em razão do avanço do pensamento científico, não permite uma solução simplista. Ele reconhece que, de fato, há um descompasso entre a filosofia kantiana e o cenário atual da geometria e da mecânica. No entanto, conclui que é “permitido discutir a doutrina kantiana da ciência nos termos literais nos quais Kant mesmo a propôs”,²⁵ desde que se adote e se reconheça a fragilidade do quadro das formas puras da intuição e das categorias do entendimento. Assim, Brunschvicg propõe uma separação entre o *sistema kantiano* e a *ideia crítica*. “Deixar para os neokantianos e para o próprio Kant o postulado dessa solidariedade entre a ideia crítica e o quadro de formas ou categorias, cujo aspecto superficial e frágil da doutrina reconhecemos hoje, e abstrair disso para alcançar a pureza da ideia crítica”.²⁶

²⁴ "En s'adressant à la conscience rationnelle de l'homme, et non plus à la raison absolue en Dieu, pour lui demander de supporter l'ensemble de la législation scientifique, Kant a fait fond sur l'immutabilité de cette législation, attestée à ses yeux par le caractère *a priori* des synthèses qui sont à la base des mathématiques et de la physique. La *Critique de la Raison pure* part de la loi pour aller à la découverte de la conscience. Mais alors, sommes-nous en droit de nous demander aujourd'hui : que restera-t-il de la théorie de la conscience transcendante, une fois reconnu que l'analyse et la géométrie, que la mécanique et la physique ne se résignent nullement à cette immobilité docile que Kant avait escomptée, que de toutes parts elles ont fait craquer, au cours du XIX siècle, les cadres dont l'*Esthétique* ou l'*Analytique transcendante* dont les *Premiers Principes métaphysiques de la Science de la Nature* leur avaient prescrit de respecter le tracé définitif? (...) [La conscience législatrice] a lié son sort à la détermination, qui se donne pour exclusive et pour définitives, des formes d'intuition et des catégories de la raison ; inévitablement elle se trouve atteinte par les progrès de la science positive qui ont ruiné la nécessité et l'universalité de ces formes et de ces catégories" (BRUNSCHVICG, 1924 [1924], p. 151-152).

²⁵ "Il est donc permis de discuter la doctrine kantienne de la science dans les termes littéraires où Kant lui-même l'a proposée" (BRUNSCHVICG, 1924 [1924], p. 153).

²⁶ "Tout ce qui est venu déranger la sage ordonnance du savoir classique, depuis la découverte des géométries non-euclidiennes jusqu'à l'avènement des théories de la relativité, vise directement, et détruit dans sa racine, l'idée critique de la science. Mais une autre attitude ne nous semble pas moins légitime, c'est de laisser pour compte aux néo-kantiens et à Kant lui-même le postulat de cette solidarité entre l'idée critique et le tableau des formes ou des catégories, dont nous savons aujourd'hui qu'elle exprime l'aspect tout superficiel et tout fragile de la doctrine, d'en faire abstraction afin de parvenir à dégager la pureté de l'idée critique" (BRUNSCHVICG, 1924 [1924], p. 153).

A fragilidade das formas e categorias não invalida, entretanto, segundo Brunschvicg, o método transcendental empregado por Kant para a realização de seu projeto filosófico. Tal método teria um valor fecundo e substancial para a compreensão das matemáticas e físicas contemporâneas. Em suas palavras: “talvez mesmo, através do “erro feliz” dessa imperfeição, possamos vislumbrar, no que ele nos oferece de essencial e fecundo, a verdade do método transcendental, que, a partir da ideia crítica, nos permite fundamentar os *Prolegômenos*” não mais, em um sentido único e exclusivo “à metafísica kantiana da natureza, mas, seguindo uma interpretação muito mais ampla e rica, à ciência dos matemáticos e físicos atuais”.²⁷

Ao concluir a seção de seu artigo, Brunschvicg enfatiza que é inviável, nos dias atuais, manter o sistema kantiano *em sua forma original*, apontando para a necessidade de sua reforma. Segundo ele, aqueles que insistem em manter o kantismo inalterado diminuem a importância da ideia crítica como um fato histórico decisivo, assemelhando-se a um “euclidiano conservador” que, ao criticar os avanços introduzidos pelas geometrias não euclidianas, possui uma compreensão restrita do próprio Euclides. Brunschvicg compreende a *crítica* em seu aspecto dinâmico: ela é uma “capacidade de invenção intelectual, de criação científica”. A crítica “nunca revela melhor seu verdadeiro caráter do que ao quebrar o molde das formas e a letra das leis que inicialmente se acreditava, talvez até ela própria acreditasse, que a aprisionava, a fim de garantir um acordo mais preciso e exato com a realidade”.²⁸

É a ideia da crítica que define o idealismo kantiano como um pensamento original e é nesse legado que o filósofo francês se posiciona como um continuador de Kant. Para ele, é justificável abordar as complexidades da filosofia científica contemporânea adotando uma posição idealista e crítica. Em suas palavras: não se trata de defender “uma filosofia antiga, vinculando-a, custe o que custar, aos progressos da ciência contemporânea; estamos iluminando esses progressos de dentro para fora com a luz que, desde o final do século XVIII, a filosofia preparou para eles”.²⁹ Desse modo, ele amplia com sua filosofia científica a tradição

²⁷ "Peut-être même, à travers la "faute heureuse" de cette imperfection, pourrions-nous apercevoir, en ce qu'elle nous offre d'essentiel et de fécond, la vérité de la méthode transcendantale, qui, sur l'idée critique, nous permet de fonder des *Prolegomènes*, non plus, dans un sens unique et exclusif, pour la métaphysique kantienne de la nature, mais, suivant une interprétation beaucoup plus large et plus riche, pour la science des mathématiciens et des physiciens actuels" (BRUNSCHVICG, 1924 [1924], p. 153).

²⁸ "L'avènement de l'idée critique [est] une date décisive dans l'histoire de l'humanité : la découverte d'une capacité d'invention intellectuelle, de création scientifique, qui, parce qu'elle relève de la conscience suivant l'ordre humain, non de la raison suivant l'ordre divin, ne manifeste jamais mieux son caractère véritable qu'en brisant le moule des formes et la lettre des lois dont on l'avait crue d'abord, dont peut-être elle s'était crue elle-même, prisonnière, afin de s'assurer d'un accord plus précis et plus exact avec la réalité" (BRUNSCHVICG, 1924 [1924], p. 159).

²⁹ "Nous ne plaidons pas pour une philosophie de l'ancien temps en la rattachant, coûte que coûte, aux progrès de la science contemporaine ; nous éclairons ces progrès du dedans par la lumière que, dès la fin du XVIII^e siècle, la philosophie avait préparée pour eux" (BRUNSCHVICG, 1924 [1924], p. 159-160).

neokantiana francesa do século XIX, adotando uma abordagem que difere daquela enfrentada por Renouvier, Boutroux e outros neokantianos franceses que não vivenciaram as inovações científicas do início do século XX.

Brunschvicg, contemporâneo das ciências emergentes, como a mecânica relativística e a mecânica quântica, exerceu influência significativa sobre vários filósofos. Entre eles, destaca-se Gaston Bachelard (1884-1962), discípulo e continuador de suas ideias, embora tenha inovado em diversos aspectos (Guimarães, 2021, Sinaceur, 2006, Vadée, 1975, Dagognet, 1965, Wahl, 1962). Um desses aspectos, tanto de continuação quanto de inovação, foi a ideia de uma reformulação da teoria kantiana do conhecimento, uma reconstrução do criticismo sobre novos fundamentos centrados na crítica aos *a priori* absolutos (Guimarães, 2021, p. 3, Sinaceur, 2006, p. 350, Vadée, 1975, p. 235).³⁰

Bachelard expressa admiração pelo seu mestre, reconhecendo explicitamente o valor positivo de seu espírito reformador do kantismo. “O racionalismo de Brunschvicg encontrou aqui uma ocasião de reforma”, uma vez que ele percebeu que “a doutrina de um *a priori* absoluto, imutável, estável e inflexível, não correspondia mais à informação científica”. Desse modo, ele abandonou “toda uma parte das doutrinas kantianas. (...) Essa foi a fonte de muitas críticas que desconsideravam o direito do racionalismo de seguir as conquistas da razão científica”.³¹

O neokantismo francês exerceu uma influência significativa no pensamento de Bachelard. Segundo Vadée (1975, p. 208), Bachelard deu continuidade, a seu modo, a essa corrente. Assim como Brunschvicg, ele reconheceu que as ideias kantianas não podiam ser diretamente aplicadas à interpretação da nova física, a qual instaurou uma *ruptura epistemológica* com os preceitos da física clássica. No entanto, Bachelard reconhece que “o movimento espiritual do kantismo permanece bom, mas este movimento não se despende mais em uma única direção; ele corre ao longo de dois eixos, talvez ao longo de vários eixos”.³² Desse modo, no espírito do neokantismo francês, ele defende a ideia de uma reformulação da filosofia kantiana do conhecimento: “na medida em que as ciências clássicas acabam de ser

³⁰ Voltaremos à relação entre Bachelard e Brunschvicg na seção 2.7.

³¹ "Aussi le rationalisme de Brunschvicg trouvait là une occasion de réforme. (...) Par l'action décisive de modifications si subtiles, il sentait bien que la doctrine d'un *a priori* absolu, immuable, stable, sans souplesse, ne correspondait plus à l'information scientifique. Et Brunschvicg avait ainsi abandonné toute une partie des doctrines kantienne. Combien il s'étonnait quand on prétendait condamner le rationalisme à l'adhésion à un *a priori* absolu ! Ce fut la source de bien des critiques qui ont méconnu les droits du rationalisme à suivre les conquêtes de la raison scientifique" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 172).

³² "le mouvement spirituel du kantisme reste bon, mais ce mouvement ne se dépense plus dans une seule direction ; il se déroule le long de deux axes, peut-être le long de plusieurs axes" (BACHELARD, 1983, p. 106).

perturbadas em seus conceitos iniciais, afirmadas sobre um micro-objeto que não segue os princípios do objeto, *o criticismo tem necessidade de uma reforma profunda*".³³

Nesse contexto, Bachelard desenvolve a ideia de dialetizar o kantismo como objeto de sua reforma. Ele introduz os conceitos de *não kantismo*, entendido como “uma filosofia de inspiração kantiana que vai além da doutrina clássica”,³⁴ ou ainda, como “um kantismo de segunda aproximação (...) capaz de incluir a filosofia crítica ao ultrapassá-la”.³⁵ Esses conceitos abrem a possibilidade de interpretações neokantianas de suas ideias, representando para o kantismo o mesmo papel que a geometria não euclidiana desempenha em relação à geometria de Euclides (Bontems, 2006). O não kantismo de Bachelard significa, portanto, não uma negação, mas uma *generalização* do idealismo transcendental (Guo, 2019), em um sentido mais potente (Barsotti, 2003). Esse “novo kantismo” precisa ser adequado para pensar os objetos quânticos, entendidos como idealidades matemáticas que emergem na relação dialética entre fenômeno e númeno (Tiles, 2013, 2006, Lamy, 2005, 2008). No entanto, como afirma Bachelard, “esse númeno é complexo, ele reúne várias funções. Ele seria rejeitado pelo kantismo clássico, mas o não kantismo, cujo papel é dialetizar as funções do kantismo, pode aceita-lo”.³⁶

Esse kantismo modificado, que vai além da concepção de uma razão estrutural e arquetônica tal como apresentada por Kant, Bachelard (1972, p. 29) o concebe na variabilidade intrínseca à própria razão. Tal abordagem representa, assim, uma homenagem à filosofia kantiana. Este expoente da epistemológica histórica busca demonstrar que o kantismo pode ser reinterpretado contemporaneamente, levando em conta não a natureza *estrutural* da razão arquetônica, mas o aspecto *funcional* dos *a priori* da razão científica. Em *La philosophie du non*, de 1940, ele reconhece explicitamente o valor epistêmico do kantismo para a filosofia científica contemporânea. Dessa forma, ele assim questiona: “Seria sacrilégio, por exemplo,

³³ "en tant que les sciences classiques viennent d'être troublées dans leurs concepts initiaux, affirmées à propos d'un micro-objet qui ne suit pas les principes de l'objet, *le criticisme a besoin d'une refonte profonde*" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 107 – itálique ajouté).

³⁴ "une philosophie d'inspiration kantienne qui déborde la doctrine classique" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 15).

³⁵ "un kantisme de deuxième approximation, un non-kantisme susceptible d'inclure la philosophie criticiste en la dépassant" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 94).

³⁶ "Ce noumène est complexe, il réunit plusieurs fonctions. Il serait rejeté par un kantisme classique ; mais le non-kantisme dont le rôle est de dialectiser les fonctions du kantisme peut l'accepter" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 60).

tomar um aparelho epistemológico tão maravilhoso como a *categoria* kantiana e demonstrar sua relevância para a organização do pensamento científico?³⁷

A perspectiva bachelardiana em relação a Kant será objeto de uma análise mais atenciosa no terceiro capítulo desta tese, onde adotamos como fio condutor o obra *La philosophie du non*, na qual o filósofo francês estabelece um diálogo mais estreito com as ideias kantianas. No entanto, à luz do contexto apresentado previamente, é possível aqui lançar algumas questões: as considerações de Bachelard não indicam um espírito de reformulação do kantismo, como foi o caso dos neokantianos franceses previamente mencionados? Elas não apontam para o reconhecimento das limitações desse sistema frente ao contexto científico da época, por meio dos quais se pretende atualizar as ideias kantianas? Elas não indicam mais para um projeto de reinterpretação do kantismo, ainda que com várias retificações, do que uma exclusão deste sistema? Em que consiste a reforma bachelardiana do kantismo? Bachelard, ao propor uma releitura do kantismo, poderia ser considerado um filósofo neokantiano, embora de maneira distinta e singular?

Defendemos nesta tese que Bachelard, à sua maneira, preservou o espírito de reformulação das ideias kantianas, posicionando-se, nesse sentido, junto à tradição neokantiana francesa. Não obstante, é importante destacar que suas considerações não adotam uma reforma sistemática de Kant, ao contrário de filósofos como Renouvier. Sua relação com as ideias kantianas é mais seletiva, por meio da qual ele não apenas integra elementos do kantismo à sua epistemologia, como também mantém a perspectiva transcendental. Isso significa que, por um lado, Bachelard se distancia dos neokantianos franceses ao não estabelecer uma ligação sistemática com as ideias de Kant. Por outro lado, ele se situa nesse movimento filosófico ao propor um projeto de atualização da filosofia kantiana. O propósito desta tese é demonstrar essa perspectiva, a fim de apresentar o neokantismo de Bachelard.

Entretanto, reconhecemos que nossa tese não é consensual entre os estudiosos bachelardianos. Como observa Bernard Barsotti (2003), as interpretações francesas das ideias bachelardianas tendem a não reconhecer as profundas influências de Kant nas concepções de Bachelard, especialmente no que diz respeito à perspectiva transcendental. Isso pode ser observado nas considerações de Vincent Bontems (2017, p. 86), que, apesar de reconhecer que Bachelard tem uma proximidade intelectual com os reformadores de Kant, ele afirma que o filósofo francês não concebe sua filosofia dentro de uma atmosfera neokantiana. Bontems

³⁷ "Y a-t-il sacrilège, par exemple, à prendre un appareil épistémologique aussi merveilleux que la *catégorie* kantienne et à en démontrer l'intérêt pour l'organisation de la pensée scientifique ?" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 11-12).

escreve que Bachelard “considera que não basta reformar o kantismo, mas que é preciso romper com a perspectiva transcendental”.

No entanto, segundo Barsotti (2003, p. 184; 188-189), essa visão tem sido contestada por interpretações anglo-saxônicas e italianas das ideias bachelardianas, que vêm no papel que Bachelard atribui às matemáticas um traço importante de uma relação profunda com a filosofia transcendental. “A recepção anglo-saxã, mais aberta em relação a uma certa absolutização “francesa” das matemáticas, pôde começar a dar conta desse horizonte essencialmente kantiano, e programaticamente *meta-kantiano*, do bachelardismo”.³⁸ Ele ressalta as interpretações de Alfons Grieder, que reconhece que o projeto bachelardiano amplia a análise de Kant da experiência objetiva, reformulando o domínio das formas puras da intuição. Tiles (1984, p. 206), por sua vez, considera que a perspectiva bachelardiana da relação entre as estruturas matemáticas e experimentais tem analogia com a abordagem kantiana sobre a aplicação das categorias do entendimento ao objeto intuição sensível. Com efeito, em outro trabalho, Tiles (2013, p. 321) destacou que “Bachelard às vezes tem sido designado, com alguma razão, como neokantiano”.³⁹

Parece que os estudos brasileiros sobre a epistemologia bachelardiana têm negligenciado a importância da influência de Kant, aproximando-se, em certa medida, das interpretações francesas. Entre os autores brasileiros analisados, observamos uma tendência mais forte em considerar o racionalismo aplicado bachelardiano como uma ruptura radical com o kantismo, sendo este frequentemente identificado sob o rótulo de “racionalismo tradicional”. Essa visão é compartilhada por Elyana Barbosa (1996) e Marly Bulcão (2009), que não reconhecem a presença do espírito crítico da filosofia kantiana no racionalismo proposto por Bachelard. Caio Souto (2022) busca, de certa forma, aprofundar essa abordagem, destacando a ruptura de Bachelard com o neokantismo de Brunschvicg. Em artigo anterior a esta tese, “A crítica de Bachelard acerca do conceito de *númeno*”, de 2015, segui igualmente essa perspectiva interpretativa, não reconhecendo a reinterpretação que o filósofo francês fez do conceito kantiano de *númeno positivo* para pensar a objetivação dos objetos quânticos.

Assim, esta tese, organizada em três capítulos, busca contribuir para o debate nos estudos bachelardianos no Brasil, apresentando uma posição distinta e, a nosso ver, plausível sobre as influências significativas da filosofia crítica de Kant na epistemologia bachelardiana.

³⁸ “La réception anglo-saxonne, plus libre à l’égard d’une certaine absolutisation « française » des mathématiques, a pu commencer à rendre raison de cet horizon essentiellement kantien, et programmatiquement *metakantien*, du bachelardisme”.

³⁹ “Bachelard a quelque fois été désigné, avec quelque raison, comme néo-kantien”.

No *primeiro capítulo*, intitulado “Ruptura epistemológica e mecânica quântica”, iremos explorar a concepção bachelardiana de *ruptura epistemológica*. Abordaremos dois aspectos fundamentais desse conceito, a saber, a descontinuidade com o senso comum e a instauração das *sínteses históricas* do pensamento científico. Demonstraremos que a noção bachelardiana de ruptura guarda relações com a epistemologia histórica de Brunschvicg, especialmente através da ideia de *eventos da razão*, conceito que Bachelard utilizou para descrever a filosofia científica de seu mestre. Esse aspecto nos conduzirá à própria epistemologia histórica de Bachelard, que será detalhada em seguida. Assim, esses conceitos bachelardianos nos permitirão uma melhor compreensão do surgimento histórico da mecânica quântica, ou *atomismo axiomático*, e da natureza dos objetos quânticos como novos objetos do conhecimento.

No *segundo capítulo*, que tem como título “O racionalismo aplicado”, abordaremos a crítica de Bachelard às “filosofias tradicionais”, que ele vê como sistemas de pensamento que operam com a ideia de uma razão absoluta e imutável, apresentando-se, portanto, como filosofias imóveis que não conseguem acompanhar os avanços das ideias científicas. Aprofundaremos essa discussão com a crítica bachelardiana à *lógica transcendental*, considerada por ele como uma lógica relativa aos objetos do conhecimento comum da física clássica. Utilizaremos essa crítica ao kantismo para demonstrar que ela está inserida em um contexto mais amplo também compartilhado por outros autores. Esta crítica a Kant, que revela a inadequação epistêmica do kantismo diante da nova física, contribui para a compreensão da proposta de um novo racionalismo, o racionalismo aplicado, que repensa a síntese entre racionalismo e empirismo em um novo contexto científico, esclarecendo-se pela atividade construtora de objetos da mecânica quântica, a *fenomenotécnica*. Demonstraremos que Bachelard incorpora elementos do neokantismo de Renouvier e, em maior medida, de Brunschvicg em sua análise dessa dualidade racional-empírica do objeto, enfatizando a influência deste último sobre seu pensamento.

No *terceiro capítulo*, intitulado “O neokantismo de Bachelard”, apresentaremos o significado bachelardiano de reformulação do kantismo: um projeto de *flexibilização e expansão* das bases kantianas. Com base em sua reinterpretação de Kant, Bachelard incorporou em sua filosofia do objeto a noção kantiana de *númeno positivo*, a fim de explicar a objetivação do objeto quântico. Trata-se de um *objeto do pensamento* puro que se realiza na experimentação técnica, isto é, um *númeno sintético*, que mantém a perspectiva transcendental. Nesse contexto, demonstraremos que Bachelard repensa a noção kantiana de *esquematismo transcendental*, propondo um novo esquematismo, que explica a mediação entre as estruturas matemáticas e o

campo experimental, em uma clara analogia com Kant. Isso nos conduz diretamente à análise do papel das matemáticas no pensamento bachelardiano como uma herança kantiana, na medida em que, para ambos os filósofos, a matemática é construtora da experiência. A aplicação das matemáticas ao mundo empírico é um claro exemplo de reconhecimento das exigências transcendentais e da função dos juízos sintéticos *a priori*, os quais, em um sentido atualizado por Bachelard, fundamentam a renovação da síntese kantiana em um campo inteiramente novo das intuições, as *intuições trabalhadas*, apresentadas pela física do novo espírito científico.

CAPÍTULO I - RUPTURA EPISTEMOLÓGICA E MECÂNICA QUÂNTICA

1.1 A noção bachelardiana de *ruptura epistemológica*

A noção de *ruptura epistemológica*, desenvolvida por Gaston Bachelard, desempenha um papel central em sua filosofia científica, e foi o foco de minha dissertação de mestrado, intitulada *A noção de ruptura epistemológica no pensamento de Gaston Bachelard*.⁴⁰ Nela busquei explorar como por meio dessa ideia, bem como de suas implicações, é possível entender o projeto do filósofo francês, qual seja, o de fornecer às ciências contemporâneas “a filosofia que elas merecem”.⁴¹

Bachelard não concebeu suas ideias a partir do abstrato, mas sim do contexto no qual emergiram as novas geometrias e a nova física, em especial a teoria da relatividade e a mecânica quântica. Esse cenário histórico proporcionou ao filósofo os problemas e desdobramentos de seu pensamento. A conjuntura científica do século passado, que ele testemunhou, foi marcada por um período efervescente na história, no qual as novas teorias científicas surgiram como formas de reorganizações teóricas em ruptura com o passado (Dagognet, 2010, Denis, 1973).

Em *La formation de l'esprit scientifique*, de 1938, Bachelard enfatiza que a racionalidade do novo espírito científico, ao introduzir novas abstrações conceituais, ampliou suas contradições e distorceu noções que eram anteriormente pensadas como definitivas. Ele argumenta que apenas um dos conceitos com significado totalmente novo, surgido nesse contexto de reorganização epistêmica, seria suficiente para destacar o grau de evolução do espírito científico contemporâneo em comparação ao espírito científico moderno, exemplificado pelo conceito de *realidade física*. A física contemporânea o reinventa por meio de teorias e técnicas inteiramente inéditas.⁴²

A situação completamente nova na física impôs a necessidade de reconsiderar as racionalidades científica e filosófica da modernidade, que se mostraram insuficientes para lidar com os novos problemas suscitados. É por essa razão que Bachelard (2004 [1949], p. 102, 2018 [1953], p. 207) destaca que a revolução ocorrida na física com o surgimento das novas mecânicas representou uma descontinuidade significativa no conhecimento. Foi uma “ruptura nítida” com os conhecimentos do passado, embora não os exclua do espírito científico e filosófico contemporâneo.

⁴⁰ Dissertação defendida em fevereiro de 2017 na Universidade Federal da Bahia – UFBA, sob a orientação da Profa. Dra. Elyana Barbosa.

⁴¹ "La science n'a pas la philosophie qu'elle mérite" (BACHELARD, 2018 [1953], p. 20).

⁴² Cf. BACHELARD (1977 [1938], p. 7).

Em minha dissertação de mestrado, interpretei a tese bachelardiana da ruptura epistemológica por meio de dois aspectos complementares, a saber, o da ruptura entre o conhecimento comum e o saber científico, e o da emergência de *sínteses históricas* fundamentadas em uma dialética do conhecimento científico que ampliam os quadros do saber. Observei que esses aspectos da noção de ruptura não são sucessivos, como pode sugerir uma leitura linear da história das ciências. Isso significa que tanto a ruptura com o conhecimento comum quanto as sínteses históricas devem ser compreendidas como parte de um mesmo processo de descontinuidade na evolução do saber.

Naquele trabalho, busquei também mostrar que esses dois aspectos da noção bachelardiana de ruptura epistemológica não implicam uma invalidação dos valores racionais do passado. Isso significa que, na contemporaneidade, no âmbito científico, a física newtoniana continua sendo um saber fecundo no estudo dos fenômenos do mundo comum e sensível. Apesar de ser rotulada como uma “ciência morta”, ela é ainda “indispensável” para o avanço das novas mecânicas. Como Bachelard afirma:

As ciências físicas e químicas, em seu desenvolvimento contemporâneo, podem ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamento que rompem nitidamente com o conhecimento comum. O que se opõe à observação dessa profunda descontinuidade epistemológica é que a “educação científica” considerada suficiente para a “cultura geral” visa apenas a física e a química “mortas”, no sentido em que se diz que o latim é uma língua “morta”. Não há nada pejorativo nisso, desde que se observe que existe uma ciência viva. Émile Borel mostrou que a mecânica clássica, a mecânica “morta”, ainda é uma cultura indispensável para o estudo das mecânicas contemporâneas (relativista, quântica, ondulatória). No entanto, os rudimentos não são mais suficientes para determinar os caracteres filosóficos fundamentais da ciência. O filósofo deve estar ciente dos novos caracteres da ciência contemporânea.⁴³

Nas seções subsequentes, vamos analisar os dois aspectos supracitados.

1.1.1 Primeiro aspecto da noção de ruptura epistemológica

O “primeiro aspecto” que examinei na minha dissertação se refere à descontinuidade entre o saber comum e o saber científico na época contemporânea, marcada pelo surgimento de uma nova física e uma nova química. Bachelard aborda esse tema particularmente no sexto

⁴³ "Les sciences physiques et chimiques, dans leur développement contemporain, peuvent être caractérisées épistémologiquement, comme des domaines de pensées qui rompent nettement avec la connaissance vulgaire. Ce qui s'oppose à la constatation de cette profonde discontinuité épistémologique c'est que « l'éducation scientifique » qu'on croit suffisante pour la « culture générale » ne vise que la physique et la chimie « mortes », cela dans le sens où l'on dit que le latin est une langue « morte ». Il n'y a rien là de péjoratif si seulement on veut bien remarquer qu'il existe une science vivante. Émile Borel a lui-même montré que la mécanique classique, la mécanique « morte » restait une culture indispensable pour l'étude des mécaniques contemporaines (relativiste, quantique, ondulatoire). Mais les rudiments ne sont plus suffisants pour déterminer les caractères philosophiques fondamentaux de la science. Le philosophe doit prendre conscience des nouveaux caractères de la science nouvelle" (BACHELARD, 2018 [1953], p. 102).

capítulo da obra *Le rationalisme appliqué*, de 1949, bem como na conclusão de *Le matérialisme rationnel*, de 1953. Ambas as seções têm o título “Connaissance commune et connaissance scientifique”. Nesta última, ele declara:

Sempre nos pareceu cada vez mais evidente, ao longo dos nossos estudos, que o espírito científico contemporâneo não poderia ser colocado em continuidade com o simples bom senso, que esse novo espírito científico representava um jogo mais arriscado, que formulava teses que, sobretudo, podem ferir o senso comum. De fato, acreditamos que o progresso científico manifesta sempre uma ruptura, perpétuas rupturas, entre conhecimento comum e conhecimento científico, desde que se aborde uma ciência evoluída, uma ciência que, por causa mesmo dessas rupturas, carrega a marca da modernidade.⁴⁴

Na obra de 1949, Bachelard escreve que “as ciências físicas e químicas, em seu desenvolvimento contemporâneo, podem ser caracterizadas epistemologicamente, como domínios de pensamento que romperam nitidamente com o conhecimento vulgar”.⁴⁵ Na obra de 1953, ele complementa que essa “ruptura nos parece tão nítida que esses dois tipos de conhecimento não podem ter a mesma filosofia”.⁴⁶ Ele procura transmitir a ideia de que o saber científico contemporâneo, ao contrário do saber comum, não estabelece uma relação direta com a realidade empírica, uma vez que não se ocupa com a experiência sensível e imediata. A racionalidade científica passa a ser fundamentada em uma base mais complexa, estruturada pelo pensamento matemático.

A ruptura entre o saber comum e o saber científico é o ponto central do que Bachelard, em *Le rationalisme appliqué*,⁴⁷ denomina, em alusão a Comte, de *quarto período* da evolução do pensamento científico. Os três primeiros períodos que o precederam correspondem respectivamente à antiguidade, à idade média e à modernidade. O quarto período se refere “precisamente à ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, entre a experiência comum e a técnica científica”.⁴⁸

⁴⁴ "Il nous a toujours semblé de plus en plus évident, au cours de nos études, que l'esprit scientifique contemporain ne pouvait pas être mis en continuité avec le simple bon sens, que ce nouvel esprit scientifique représentait un jeu plus risqué, qu'il formulait des thèses qui, de prime abord, peuvent heurter le sens commun. Nous croyons, en effet, que le progrès scientifique manifeste toujours une rupture, de perpétuelles ruptures, entre connaissance commune et connaissance scientifique, dès qu'on aborde une science évoluée, une science qui, du fait même de ces ruptures, porte la marque de la modernité" (BACHELARD, 2018 [1953], p. 207).

⁴⁵ "Les sciences physiques et chimiques, dans leur développement contemporain, peuvent être caractérisées épistémologiquement, comme des domaines de pensées qui rompent nettement avec la connaissance vulgaire" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 102).

⁴⁶ "rupture nous paraît si nette que ces deux types de connaissance ne sauraient avoir la même philosophie" (BACHELARD, 2018 [1953], p. 224).

⁴⁷ Cf. BACHELARD (2004 [1949], p. 102).

⁴⁸ "Cette quatrième période : l'époque contemporaine consomme précisément la rupture entre connaissance commune et connaissance scientifique, entre expérience commune et technique scientifique" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 102).

É interessante notar que, em *La formation de l'esprit scientifique*, de 1938,⁴⁹ o filósofo destaca apenas três períodos históricos da evolução do saber científico, a saber, o *estado pré-científico*, o *estado científico* e o *novo espírito científico*. O primeiro compreende da Antiguidade clássica ao século XVIII, o segundo, a partir do final do século XVIII até o início do século XX. Por fim, o terceiro que tem como marco inicial o ano de 1905, data que marca o advento da teoria da relatividade e da mecânica quântica. Em suas palavras:

O primeiro período, representando o *estado pré-científico*, abrangeria tanto a Antiguidade clássica quanto os séculos de renascimento e esforços inovadores, incluindo os séculos XVI, XVII e até o XVIII.

O segundo período, representando o *estado científico*, em preparação no final do século XVIII, se estenderia por todo o século XIX e início do século XX.

Em terceiro lugar, fixamos precisamente a era do *novo espírito científico* em 1905, quando a Relatividade Einsteiniana começa a deformar conceitos primordiais que se acreditava estarem permanentemente imóveis. A partir dessa data, a razão multiplica suas objeções, dissociando e reaproximando as noções fundamentais, experimentando as abstrações mais audaciosas. Pensamentos, dos quais apenas um seria suficiente para ilustrar um século, surgem em vinte e cinco anos, evidenciando uma maturidade espiritual surpreendente. Tais são a mecânica quântica, a mecânica ondulatória de Louis de Broglie, a física matricial de Heisenberg, a mecânica de Dirac, as mecânicas abstratas e, em breve, sem dúvida, as Físicas abstratas que ordenarão todas as possibilidades da experiência.⁵⁰

Se, por um lado, as classificações aparecem um pouco diferentes nas respectivas obras, por outro, o objetivo do filósofo francês é demonstrar a emergência de um “período” ou uma “era” inteiramente nova do conhecimento científico. O novo espírito científico seria, portanto, um momento na história das ciências onde se instaurou uma ruptura epistemológica.

A ideia da emergência de um novo espírito científico, além de informar que há uma descontinuidade com a ciência moderna, procura demonstrar também que a concepção de um espírito científico em estado de evolução contínua e cumulativa é abalada pelas novas teorias do século XX. Desse modo, a noção de *ruptura epistemológica* põe em questão a ideia clássica segundo a qual o saber científico tem origem no senso comum ou que seria uma espécie de aprimoramento deste. Essa ideia expressa uma forma de continuísmo epistemológico.

⁴⁹ Cf. BACHELARD (1977 [1938], p. 7).

⁵⁰ “*La première période* représentant l'état *préscientifique* comprendrait à la fois l'antiquité classique et les siècles de renaissance et d'efforts nouveaux avec le XVIe, le XVIIe et même le XVIIIe siècles. *La deuxième période* représentant l'état *scientifique*, en préparation à la fin du XVIIIe siècle, s'étendrait sur tout le XIXe siècle et sur le début du XXe. *En troisième lieu*, nous fixerions très exactement l'ère du *nouvel esprit scientifique* en 1905, au moment où la Relativité einsteinienne vient déformer des concepts primordiaux que l'on croyait à jamais immobiles. À partir de cette date, la raison multiplie ses objections, elle dissocie et réapparente les notions fondamentales, elle essaie les abstractions les plus audacieuses. Des pensées, dont une seule suffirait à illustrer un siècle, apparaissent en vingt-cinq ans, signes d'une maturité spirituelle étonnante. Telles sont la mécanique quantique, la mécanique ondulatoire de Louis de Broglie, la physique des matrices de Heisenberg, la mécanique de Dirac, les mécaniques abstraites et bientôt sans doute les Physiques abstraites qui ordonneront toutes les possibilités de l'expérience” (BACHELARD, 1977 [1938], p. 7).

Bachelard (2004 [1949], p. 102-103) demonstra que a técnica utilizada pela química moderna de Lavoisier é abalada pelas novas técnicas eletrônicas. Na ciência de Lavoisier, para se obter o resultado dos pesos atômicos, bastava a técnica da balança, a qual se encontrava em continuidade com o senso comum e com a experiência usual. Porém, com a invenção do *espectroscópio de massa*, a química contemporânea estabeleceu uma técnica indireta em relação ao real imediato em ruptura com as técnicas da ciência anterior. A química contemporânea introduz através de sua técnica uma *cadeia discursiva* extensa e complexa à matéria que pretende descrever. Em suas palavras:

Os fenômenos elétricos dos átomos estão *ocultos*. Eles precisam ser instrumentados em um aparelho que não tem significado *direto* na vida comum (...) no que se refere ao espectroscópio de massa, estamos em plena *epistemologia discursiva*. Um longo circuito na ciência teórica é necessário para compreender os dados. De fato, os *dados* aqui são *resultados*.⁵¹

O que o filósofo francês põe em jogo nessas considerações é não apenas a ruptura no domínio dos instrumentos técnicos de pesquisa, mas também a inversão entre o racional e o experimental. Trata-se aqui da tese bachelardiana da inversão do *vetor epistemológico* (Bachelard, 1999 [1934], p. 8) sem a qual não é possível entender a novidade do novo espírito das ciências. Essa *inversão* não é analisada pelo filósofo francês sem demonstrar as descontinuidades que ela provoca no pensamento filosófico da modernidade, em especial no sistema kantiano. Essa tese sugere que a reflexão tem primazia sobre a percepção em um contexto no qual os objetos do saber não são simplesmente observados ou percebidos, mas são racionalmente produzidos. Os fenômenos científicos contemporâneos, em especial os objetos quânticos como iremos demonstrar, não pertencem ao mundo empírico e nem são sequências naturais desses fenômenos. Nas palavras de Bachelard:

As trajetórias que permitem separar os isótopos no espectroscópio de massa *não existem* na natureza; é preciso as produzir tecnicamente. Elas são teoremas reificados. Teremos que mostrar o que o homem *faz* em uma técnica científica do quarto período não existe na natureza e não é sequer uma continuação *natural* dos fenômenos *naturais*.⁵²

O pensamento objetivo se desenvolvia assim mesmo em contato com o mundo das sensações. Ora, parece que, com o século XX, começa um pensamento científico *contra* as sensações, e que se deva construir uma teoria do objetivo *contra* o objeto.

⁵¹ "Les phénomènes électriques des atomes sont *cachés*. Il faut les instrumenter dans un appareillage qui n'a pas de signification *directe* dans la vie commune. (...) En ce qui concerne le spectroscope de masse, nous sommes en pleine *épistémologie discursive*. Un long circuit dans la science théorique est nécessaire pour en comprendre les données. En fait, les *données* sont ici des *résultats*" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 103).

⁵² "Les trajectoires qui permettent de séparer les isotopes dans le spectroscope de masse *n'existent* pas dans la nature ; il faut les produire techniquement. Elles sont des théorèmes réifiés. Nous aurons à montrer que ce que l'homme *fait* dans une technique scientifique de la quatrième période n'existe pas dans la nature et n'est même pas une suite *naturelle* des phénomènes *naturels*" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 103).

Outrora, a reflexão resistia ao primeiro reflexo. O pensamento científico moderno exige que se resista à primeira reflexão.⁵³

A ruptura instaurada com o senso comum é, portanto, de ordem teórica e técnica e seu significado não pode ser entendido sem levar em conta as descobertas dos novos objetos científicos, os quais a ciência newtoniana e a teoria kantiana do conhecimento se revelaram ineficazes para oferecer uma compreensão adequada. Segundo Bachelard (2004 [1949], p. 104), a emergência dos novos fenômenos serve para denunciar a inaplicabilidade dos saberes do passado e para evidenciar a ruptura entre pensamento contemporâneo e moderno. Como objetos produzidos e que portam características inéditas, eles não podem ser interpretados mediante as filosofias da modernidade que tinham como referência os objetos do senso comum e da experiência sensível.

Outro exemplo da ruptura de técnica na ciência oferecido em *Le rationalisme appliqué*⁵⁴ é o da criação da ampola elétrica. Segundo Bachelard (2004 [1949], p. 105), com Thomas Edson, emergiu uma técnica “não-natural” que não tem como ponto de partida a observação empírica. Ao considerar a ruptura de ordem teórica e técnica na invenção de Edson, o filósofo sublinha não haver na lâmpada elétrica nenhum aspecto que possa ser relacionado à lâmpada incandescente.

Segundo Bachelard (1977 [1938]), as teorias científicas acerca da eletricidade no século XVIII tinham como base as concepções substancialistas de cunho meramente especulativo acerca do fogo e da luz. Elas possuem raízes na experiência sensível acerca dos fenômenos. Mas o método utilizado por Edson, conforme analisado na obra de 1949, afasta essas concepções por meio de uma técnica cuja base é racional, isto é, teórico-matemática. Bachelard explica que “a lei racional que regula os fenômenos da lâmpada elétrica incandescente é a lei de Joule que obedece a fórmula algébrica: $W = R I^2 t$. (W: energia, R: resistência, I: intensidade, t: tempo)”⁵⁵. Essa explicação teórica contraria todas as explicações substancialistas acerca dos fenômenos da eletricidade. Aqui, são as leis da álgebra que ordenam a experiência e criam o objeto científico. A ampola elétrica é, para Bachelard, um claro exemplo de objeto técnico que tem por base uma relação *abstrato-concreta*, característica do “novo racionalismo”, na qual o

⁵³ "la pensée objective se développait quand même en contact du monde des sensations. Or, il semble bien qu'avec le vingtième siècle commence une pensée scientifique contre les sensations et qu'on doive construire une théorie de l'objectif contre l'objet. Jadis, la réflexion résistait au premier réflexe. La pensée scientifique moderne réclame qu'on résiste à la première réflexion" (BACHELARD, 1977 [1938], p. 250-251).

⁵⁴ Cf. BACHELARD (2004 [1949], p. 105-110).

⁵⁵ "On sait bien que la loi rationnelle qui règle les phénomènes de la lampe électrique à incandescence est la loi de Joule qui obéit à la formule algébrique : $W = R I^2 t$. (W : énergie, R : résistance, I : intensité, t : temps)" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 108).

abstrato diz respeito à sua designação teórico-matemática e o *concreto* à sua designação experimental.

Em suma, para Bachelard, o tempo das observações imediatas acerca dos fenômenos naturais se tornou ultrapassado em razão da chegada das ciências contemporâneas. Diferente das experimentações da ciência moderna, baseadas em uma forte coordenação com o saber comum, as novas ciências trabalham com experimentos que são coordenados matematicamente. Elas não estabelecem uma filiação contínua com a observação imediata como faz o espírito científico da época anterior. Os novos fatos científicos não podem ser apresentados como fatos naturais, pois, ao tomar o pensamento matemático como possibilidade da experimentação, eles provocam uma *desrealização* na concepção mesma de fenômeno (Bachelard, 1965 [1951], p. 15).

O filósofo francês reconhece que os exemplos citados acima, em sua obra *Le rationalisme appliqué*, são demasiados simples quando comparados às novas teorias e técnicas elétricas que emergiram com a mecânica quântica, como iremos analisar mais adiante. Segundo ele, os objetos quânticos constituem provas definitivas de que, no século XX, instaurou-se uma descontinuidade manifesta entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Nenhuma concepção trazida da experiência comum pode levar a uma interpretação objetiva desses objetos e qualquer analogia ou imagem para esclarecer a natureza das partículas elementares devem ser tomadas como enganosas. “É preciso pensar a filosofia corpuscular no tempo mesmo de sua aparição e educar-se filosoficamente na dialética mesma de sua evolução”.⁵⁶

Em meu trabalho de mestrado enderecei uma crítica à ideia bachelardiana de ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico. Questionei se realmente é possível pensar em uma “ruptura nítida” entre as duas formas de conhecimento tal como defende explicitamente Bachelard (2004 [1949], p. 102, 2018 [1953], p. 224). Minha crítica teve como base as considerações do filósofo francês acerca do conceito de velocidade na obra *Le nouvel esprit scientifique*, na qual ele explica que essa noção não se complexificou na física contemporânea. Em suas palavras:

O problema da complexidade nem sempre se apresenta tão claramente, e há conceitos *ainda simples* que poderíamos talvez se aventurar a prever a complicação. (...) Este é o caso, parece-nos, do conceito de velocidade. Este conceito surgiu mais ou menos

⁵⁶ "Il faut penser la philosophie corpusculaire dans le temps même de son apparition et s'éduquer philosophiquement dans les dialectiques mêmes de son évolution" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 87).

inalterado das manipulações relativistas, embora o fato de uma velocidade máxima não pudesse ser inteiramente legitimado.⁵⁷

O conceito clássico de velocidade não se complexificou na física contemporânea da mesma forma que as noções de *simultaneidade* e *massa*. A noção de velocidade ainda aparece no novo espírito científico como uma noção simples, ligada a um realismo empírico. Embora a teoria da relatividade tenha introduzidos novos conceitos como os de constância da velocidade da luz e a dilatação do tempo, a noção clássica de velocidade como relação entre deslocamento e tempo permanece válida nessa teoria, exceto em casos de velocidades próximas à da luz. Bachelard, com base em sua concepção de evolução do saber científico, observa que esse conceito poderá se complexificar em algum momento futuro do desenvolvimento do conhecimento. Assim, minha crítica ao filósofo, ao observar a noção de velocidade, sugere que a ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico pode não ser tão nítida quanto ele defende em sua epistemologia e como tem sido reafirmada por diversos comentaristas de seu pensamento. Reconheço, no entanto, que uma investigação mais aprofundada sobre outros conceitos científicos, que se conectam com o conhecimento comum, seria necessária para ampliar essa crítica à tese fundamental da epistemologia bachelardiana. Isso representam um objeto de pesquisa que não pode ser empreendido na presente tese, mas que pode ser explorado em estudos posteriores.

1.1.2 Segundo aspecto da noção de *ruptura epistemológica*

O “segundo aspecto” da noção de *ruptura epistemológica* abordado em meu trabalho de mestrado concerne à análise bachelardiana das *sínteses históricas* ou *sínteses transformantes* (Bachelard, 1965 [1951], p. 21-22), fundadas em uma dialética peculiar do saber científico. Nessa perspectiva, a dialética assume um sentido distinto na epistemologia de Bachelard, onde a ideia de negação implícita implica uma complementaridade entre sistemas de pensamento, resultando no alargamento dos quadros do conhecimento.

Em Bachelard, a noção de dialética é complexa. Vadée (1975, p. 165-194) identificou diversos sentidos desse conceito em seu pensamento. Entre eles, o sentido que fazemos uso nesta seção a fim de explicar a ideia de *síntese histórica* de pensamentos. Vadée questiona se,

⁵⁷ "Le souci de complexité ne se présente pas toujours aussi clairement et il y a des concepts *encore simples* dont on pourrait peut-être s'aventurer à prévoir la complication (...) Tel est le cas, nous semble-t-il, du concept de vitesse. Ce concept est sorti à peu près indemne des manipulations relativistes, encore que le fait d'une vitesse maxima n'ait pu être entièrement légitimé" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 53).

entre as diversas significações, haveria uma concepção propriamente bachelardiana de dialética, como teria proposto Georges Canguilhem. O autor destaca que o substantivo “dialética”, frequentemente utilizado por Bachelard, aparece ao lado do verbo “dialetizar” (*dialectiser*), do adjetivo “dialetizado” (*dialectisé*) e do neologismo “dialetização” (*dialectisation*). Em sua análise, Vadée propõe uma classificação rápida e geral desses sentidos, embora reconheça que essa classificação é insatisfatória diante da diversidade de aplicações que Bachelard faz do conceito em suas obras. Segundo ele, é possível distinguir:

1. as dialéticas objetivas, aquelas do objeto científico, por exemplo, entre matéria e radiação, entre ondas e corpúsculos, entre matéria e energia; 2. as dialéticas entre métodos científicos particulares, entre matematização e experimentação, entre análise e síntese, entre divisão e composição, entre descrição e construção (ou ordenação), entre conceitos e instrumentos (ou técnicas), entre indução e aplicação; 3. as dialéticas epistemológicas gerais, entre razão e real, entre racionalização e realização, entre aproximação e retificação, entre conhecimento comum e conhecimento científico, entre abstrato e concreto, entre singular e geral; 4. as dialéticas entre filosofias das ciências: realismo e racionalismo, empirismo e idealismo, positivismo e formalismo, convencionalismo e pragmatismo; 5. as dialéticas objetivas-subjetivas: entre ciência e técnica, entre o cientista individual e a cidade científica, entre natureza e cultura (R.A., 32); 6. as dialéticas puramente subjetivas ou psicológicas: entre razão e imaginação, entre os obstáculos que vão em pares (quando se evita um obstáculo, cai-se em outro, F.E.S., 20), entre as instâncias divididas do cogito científico na vigilância intelectual de si mesmo, dialética *animus-âni*ma, dialética do dia e da noite, dos conceitos e das imagens, do real e do irreal (VADÉE, 1975, p. 167-168).⁵⁸

Segundo Vadée (1975), um dos sentidos importantes do conceito bachelardiano de dialética foi introduzido por Bachelard na obra *Le nouvel esprit scientifique*, de 1934, na qual ele procura especificar uma dialética própria do desenvolvimento do saber científico. Esse conceito, tal como aparece na introdução desta obra, refere-se não a uma contradição, mas a uma complementaridade entre as teorias científicas do presente e as do passado, e é exemplificado pelas *sínteses históricas* instauradas pelo não euclidismo e pelo não newtonianismo. Desse modo, este sentido do conceito diz respeito ao desenvolvimento histórico da razão científica. Ele foi enfatizado como canônico nas obras bachelardianas por

⁵⁸ "1. les dialectiques objectives, celles de l'objet scientifique, par exemple entre matière et rayonnement, entre ondes et corpuscules, entre matière et énergie; 2. les dialectiques entre méthodes scientifiques particulières, entre mathématisation et expérimentation, entre analyse et synthèse, entre division et composition, entre description et construction (ou ordination), entre concepts et instruments (ou techniques), entre induction et application; 3. les dialectiques épistémologiques générales, entre raison et réel, entre rationalisation et réalisation, entre approximation et rectification, entre connaissance commune et connaissance scientifique, entre abstrait et concret, entre singulier et général; 4. les dialectiques entre philosophies des sciences: réalisme et rationalisme, empirisme et idéalisme, positivisme et formalisme, conventionnalisme et pragmatisme; 5. les dialectiques objectives-subjectives: entre science et technique, entre le savant individuel et la cité scientifique, entre nature et culture (R.A., 32); 6. les dialectiques purement subjectives ou psychologiques: entre raison et imagination, entre les obstacles qui vont par paires (quand on évite un obstacle, on tombe dans un autre, F.E.S., 20), entre les instances divisées du cogito scientifique dans la surveillance intellectuelle de soi, dialectique *animus-âni*ma, dialectique du jour et de la nuit, des concepts et des images, du réel et de l'irréel".

Canguilhem, destacando uma dialética que, por uma atividade de negação e síntese, reorganiza o conhecimento científico, ampliando suas bases, uma vez que a ideia de negação não significa uma rejeição lógica dos conceitos das teorias do passado. Assim, esse sentido da noção bachelardiana de dialética representa “um *envolvimento* das antigas teorias nas novas, sem que se possa, por um jogo lógico *a priori*, deduzir ou prever as novas teorias a partir das antigas” (VADÉE, 1975, p. 172).⁵⁹

Segundo Canguilhem (2012 [1994], p. 207), esse movimento dialético do saber significa “envolvimento ou inclusão tanto quanto ultrapassagem” em uma atividade retificadora dos conceitos científicos, a qual Vadée (1975) identifica como a novidade trazida por Bachelard por meio da ideia de *negação* (dialética) das noções científicas do passado. Ele explica que a dialética histórica do pensamento científico é diretamente fundamentada em uma dialética do conceito, a qual instrui as retificações das noções por meio de negações. Os conceitos são retificados por negação das noções anteriores, sem que estas últimas sejam completamente aniquiladas. “Essa é, sem dúvida, a ideia central de uma dialética do próprio espírito científico” (VADÉE, 1975, p. 181).⁶⁰ Segundo o autor, trata-se de uma negação dos conceitos fundamentais das ciências clássicas, que eram concebidos como absolutos. No entanto, embora esses conceitos tenham sido negados pelos conceitos mais atuais das novas ciências, eles não foram abandonados, uma vez que eles foram relativizados e retificados em novas aplicações experimentais, contribuindo para a instauração de uma nova cultura científica. Na mesma página, Vadée acrescenta que “incorpora-se [às noções antigas] condições que as negam em sua forma clássica. Há dialética porque há negação e incorporação dessa negação em um novo conceito”.⁶¹ A negação não implica, assim, uma contradição direta, mas sim a incorporação.

Nesse contexto, Canguilhem explica que esse sentido da noção bachelardiana de dialética,

designa uma consciência de complementaridade e de coordenação dos conceitos cuja contradição lógica não é o motor. Essa dialética procede tão pouco de contradições que tem, ao contrário, como efeito retroativo, mostrá-las ilusórias, não certamente no nível do que ultrapassa, mas no nível de sua posição (CANGUILHEM, 2012 [1994], p. 208).

Canguilhem (2012 [1994], p. 219) ainda explica que o *não* da dialética bachelardiana nada tem a ver com o sentido de *anti*. “O que Bachelard chama dialética é o movimento indutivo

⁵⁹ “un *enveloppement* des anciennes théories dans les nouvelles, sans que l'on puisse, par un jeu logique *a priori*, déduire ou prévoir les nouvelles théories à partir des anciennes”.

⁶⁰ “C’est là sans doute l’idée centrale d’une dialectique de l’esprit scientifique lui-même”.

⁶¹ “On [aux notions anciennes] incorpore des conditions qui les nient sous leur forme classique. Il y a dialectique parce qu’il y a négation et incorporation de cette négation lui-même dans le nouveau concept”.

que organiza o saber, ampliando suas bases, onde a negação dos conceitos e axiomas é somente um aspecto de sua generalização” (p. 207). Isso quer dizer que a negação dos sistemas do passado pelas teorias atuais nada tem a ver com exclusão ou antagonização. Ampliar as “bases”, conforme explica Vadée (1975, p. 183), significa enriquecer e complexificar os princípios e conceitos fundamentais de uma determinada teoria científica. Isso envolve reconstruí-los, reformá-los ou até mesmo modificá-los completamente em novas teorias, formando uma nova base teórica. No pensamento científico contemporâneo, as novas teorias foram levadas a trabalhar sobre suas bases teóricas antigas, aprofundando-as e integrando-as em um novo pensamento, mais complexo.

Portanto, o sentido da noção bachelardiana de dialética, de uma dialética histórica e conceitual, enfatizado acima por Vadée (1975) e Canguilhem (2012 [1994]) refere-se à inclusão de sistemas diferentes em um novo sistema, o que resulta em uma reorganização teórica e na ampliação de um determinado campo do saber. Conforme destaca Vadée (1975, p. 174), esse sentido possui duas características importantes, a saber, não se trata de uma dialética da contrariedade, e é uma dialética na qual o conceito ou teoria anterior está contido em um novo pensamento, podendo ser identificado por meio de simplificação da nova teoria.

Segundo Bachelard (1999 [1934], p. 9), no pensamento científico contemporâneo há uma inovação de saberes com lógicas diferentes, com linguagens diferentes, que rompe com o conhecimento anterior sem excluí-lo. Desse modo, os diversos sistemas racionais no novo espírito científico coexistem simultaneamente, em virtude da dialética singular que caracteriza a razão científica. Bachelard (1983 [1940], p. 135-136) explica que essa dialética se distingue das dialéticas filosóficas, como a de Hegel, uma vez que a tese e a antítese se encontram em relação de complementaridade. A dialética hegeliana é, para Bachelard, um filósofo que se formou a partir do desenvolvimento das ciências matemáticas e físicas contemporâneas, excessivamente *a priori* e distante da atividade do pensamento científico (Vadée, 1975, p. 175). Estabelece-se oposição, mas não contradição entre as ideias do passado e as do presente. É assim que nas teorias não newtonianas não há propriamente uma contradição em relação à teoria de Newton, mas complementaridade. É por essa razão que Bachelard nomeia os novos sistemas científicos de *generalizações dialéticas*, na medida em que eles rompem com as ideias passadas, mas as *envolvem* como casos particulares, mantendo uma relação de complementaridade. Como ele afirma em *La philosophie du non*:

A negação deve permanecer em contato com a formação primeira. Ela deve permitir uma *generalização dialética*. A generalização pelo não deve incluir o que ela nega. De fato, todo o desenvolvimento do pensamento científico ao longo do século passado veio de tais generalizações dialéticas com o envolvimento do que é negado. Assim, a

geometria não euclidiana envolve a geometria euclidiana; a mecânica não newtoniana envolve a mecânica newtoniana; a mecânica ondulatória envolve a mecânica relativista.⁶²

Em *Le nouvel esprit scientifique*, Bachelard explica que as inovações no pensamento geométrico contemporâneo não podem ser consideradas como contradições lógicas da geometria de Euclides. O alargamento do pensamento geométrico a partir do século XIX fez emergir uma “pangeometria”, na qual o sistema euclidiano se torna um caso particular entre as geometrias mais complexas, como as de Lobatchevsky, Riemann e Klein. Na “pangeometria” os sistemas se encontram em justaposição e se complementam. As generalizações geométricas se apresentam como sistemas diferentes e mais complexos. Não obstante, elas não estão em desacordo com a geometria de Euclides.

Não há nada de automático nessas negações e não se deve esperar encontrar uma espécie de simples conversão que permita fazer voltar logicamente no domínio das antigas. Trata-se antes de uma verdadeira extensão. A geometria não euclidiana não foi feita para contradizer a geometria euclidiana. Ela é antes uma espécie de fator adjunto que permite a totalização, o acabamento do pensamento geométrico, sua absorção numa pangeometria. Constituída na borda da geometria euclidiana, a geometria não euclidiana desenha de fora, com precisão luminosa, os limites do pensamento antigo.⁶³

Da mesma forma, ainda na obra supracitada, o filósofo francês argumenta ser a mecânica newtoniana um caso particular das mecânicas relativística, ondulatória e quântica. Esses novos sistemas físicos, que são inéditos, e não continuações do passado, não se antagonizam com o sistema de Newton. As mecânicas contemporâneas alargam os conceitos da física clássica na medida em que criam uma rede conceitual diferente e mais complexa. Mas é nessa complexidade que os novos sistemas físicos envolvem a “simplicidade” do sistema newtoniano. A simplicidade pode ser sempre encontrada na complexidade.

Portanto, entre a mecânica newtoniana e as mecânicas contemporâneas não há contradição, mas contração, pela qual se permite a simultaneidade e a complementaridade desses sistemas como uma ampliação do pensamento físico. Citemos Bachelard longamente:

⁶² "La négation doit rester en contact avec la formation première. Elle doit permettre une *généralisation dialectique*. La généralisation par le non doit inclure ce qu'elle nie. En fait, tout l'essor de la pensée scientifique depuis un siècle provient de telles généralisations dialectiques avec enveloppement de ce qu'on nie. Ainsi la géométrie non-euclidienne enveloppe la géométrie euclidienne ; la mécanique non-newtonienne enveloppe la mécanique newtonienne ; la mécanique ondulatoire enveloppe la mécanique relativiste" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 137).

⁶³ "Il n'y a rien d'automatique dans ces négations et l'on ne devra pas espérer trouver une sorte de conversion simple qui puisse faire rentrer logiquement les nouvelles doctrines dans le cadre des anciennes. Il s'agit bien d'une extension véritable. La géométrie non-euclidienne n'est pas faite pour contredire la géométrie euclidienne. Elle est plutôt une sorte de facteur adjoint qui permet la totalisation, l'achèvement de la pensée géométrique, l'absorption dans une pangéométrie. Constituée en bordure de la géométrie euclidienne, la géométrie non-euclidienne dessine du dehors, avec une lumineuse précision, les limites de l'ancienne pensée" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 12).

Mesmo de um ponto de vista simplesmente numérico, acreditamos ser errado ver no sistema newtoniano como uma primeira aproximação do sistema einsteiniano, porque as sutilezas relativistas não surgem de uma aplicação refinada dos princípios newtonianos. Portanto, não se pode dizer corretamente que o mundo newtoniano prefigure em suas grandes linhas o mundo einsteiniano. É somente depois, quando nos acomodamos ao pensamento relativista, que encontramos nos cálculos astronômicos da Relatividade - através de mutilações e abandonos - os resultados numéricos fornecidos pela astronomia newtoniana. Não há, portanto, transição entre o sistema de Newton e o sistema de Einstein. Não se passa do primeiro para o segundo acumulando conhecimentos, redobrando o cuidado nas medidas, retificando ligeiramente os princípios. É preciso o contrário, um esforço de novidade total. Portanto, seguimos uma indução transcendente e não uma indução amplificadora, indo do pensamento clássico ao pensamento relativista. Naturalmente, após esta indução pode-se, por redução, obter a ciência newtoniana. A astronomia de Newton é assim finalmente um caso especial da Panastronomia de Einstein, assim como a geometria de Euclides é um caso especial da Pangeometria de Lobachewsky.⁶⁴

É preciso então notar que nas *sínteses históricas* de pensamentos existe uma coerência lógica entre os sistemas científicos. Se é possível estabelecer correspondências sem exclusão entre as novas mecânicas (relativística, ondulatória e quântica), por que não estabelecer também relações de correspondência entre a mecânica clássica e elas? Portanto, as *sínteses históricas* permitem coerência e simultaneidade entre os sistemas de saber diferentes. Estamos aqui no domínio de um pluralismo racional. É o que Bachelard explica na seguinte passagem de *La philosophie du non*:

Evidentemente que duas teorias podem pertencer a dois corpos diferentes de racionalidade e que elas podem se opor em certos pontos enquanto permanecem válidas individualmente em seu próprio corpo de racionalidade. Este é um dos aspectos do pluralismo racional que só pode ser obscuro para os filósofos que insistem em acreditar em um *sistema de razão* absoluto e invariável.⁶⁵

A noção bachelardiana de *ruptura epistemológica* indica que as novas teorias científicas partem de uma nova problemática que não é a mesma das teorias antigas que estabeleciam ligações com o conhecimento comum e sensível. O novo espírito científico é constituído por

⁶⁴ "Même sous le rapport simplement numérique, on se trompe, croyons-nous, quand on voit dans le système newtonien une première approximation du système einsteinien, car les finesses relativistes ne découlent point d'une application affinée des principes newtoniens. On ne peut donc pas dire correctement que le monde newtonien préfigure en ses grandes lignes le monde einsteinien. C'est après coup, quand on s'est installé d'emblée dans la pensée relativiste, qu'on retrouve dans les calculs astronomiques de la Relativité - par des mutilations et des abandons - les résultats numériques fournis par l'astronomie newtonienne. Il n'y a donc pas de transition entre le système de Newton et le système d'Einstein. On ne va pas du premier au second en amassant des connaissances, en redoublant de soins dans les mesures, en rectifiant légèrement des principes. Il faut au contraire un effort de nouveauté totale. On suit donc une induction transcendante et non pas une induction amplificatrice en allant de la pensée classique à la pensée relativiste. Naturellement, après cette induction on peut, par réduction, obtenir la science newtonienne. L'astronomie de Newton est donc finalement un cas particulier de la Panastronomie d'Einstein, comme la géométrie d'Euclide est un cas particulier de la Pangéométrie de Lobatchewsky" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 46).

⁶⁵ "Il est bien entendu que deux théories peuvent appartenir à deux corps de rationalité différents et qu'elles peuvent s'opposer sur certains points en restant valides individuellement dans leur propre corps de rationalité. C'est là un des aspects du pluralisme rationnel qui ne peut être obscur que pour les philosophes qui s'obstinent à croire à un *système de raison* absolu et invariable" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 139).

uma *síntese histórica* de ideias “que implica a reunião de vários séculos de cultura”.⁶⁶ As geometrias não euclidianas e as mecânicas não newtonianas são sistemas de pensamento que rompem com os antigos, mas os envolvem como casos particulares no movimento dialético do progresso do saber científico. Desse modo, a noção bachelardiana de *ruptura epistemológica* não deve ser interpretada como aniquilação das teorias do passado. Pelo contrário, ela contribui no entendimento de que, dentro do próprio movimento do saber, as sínteses estabelecidas pelos novos sistemas configuram novas racionalidades. Essas novas racionalidades estabelecem uma coerência com o passado, mas não são meras continuacões das teorias anteriores.

É a partir desse movimento dialético do saber científico que Bachelard pensa sua *filosofia do não*, como destacou Canguilhem (2012 [1994]): “a *filosofia do não* foi pensada sobre o modelo das geometrias não euclidianas, sobre o modelo das mecânicas não newtonianas” (p. 219). Essa epistemologia tem então como objetivo fornecer os fundamentos adequados à natureza das novas ciências. Ela “visa apenas sistemas justapostos e sistemas que são complementares em um ponto preciso, [e] tem o cuidado de nunca negar duas coisas ao mesmo tempo”.⁶⁷ É o que o filósofo anuncia nas primeiras páginas de *La philosophie du non*, que tem como subtítulo, *Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*: instaurar uma filosofia “realmente adequada ao pensamento científico em evolução constante”.⁶⁸ No terceiro capítulo será explicitado que essa proposta bachelardiana de estabelecer uma “filosofia do novo espírito científico”, que possa fundamentar a ruptura epistemológica instaurada pela mecânica quântica, é profundamente inspirada na filosofia kantiana do conhecimento.

Na próxima seção, vamos analisar a noção de *ruptura epistemológica* em relação à concepção de *eventos da razão* de Brunschvicg.

1.2 Ruptura epistemológica e eventos da razão: uma aproximação com Brunschvicg

Dentro do escopo das análises realizadas nesta pesquisa, uma ideia que não explorei em minha dissertação de mestrado emergiu como relevante. Identifiquei agora que a concepção bachelardiana de *ruptura epistemológica*, que considera a mecânica relativística e a mecânica

⁶⁶ "qui implique la réunion de plusieurs siècles de culture" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 21).

⁶⁷ "Une philosophie du non qui ne vise qu'à des systèmes juxtaposés qu'à des systèmes qui se mettent sur un point précis en rapport de complémentarité, a soin d'abord de ne jamais nier deux choses à la fois" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 137).

⁶⁸ "qui veut être vraiment adéquate à la pensée scientifique en évolution constante" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 7).

quântica como *eventos da razão* em descontinuidade com o passado (Bachelard, 2004 [1949], p. 45), estabelecem uma conexão significativa com a epistemologia histórica de Brunschvicg.

Com efeito, em seu artigo *La philosophie scientifique de Léon Brunschvicg*, Bachelard (1972 [1972]) escreve que o racionalismo de Brunschvicg, um racionalismo de *finesse*, consiste em um pensamento que evidencia nitidamente os *eventos da razão*, como ilustrado na obra *Étapes de la philosophie mathématique*. Segundo ele, esses “eventos nunca são ruidosos, fazem frequentemente o seu escândalo à distância, num futuro longínquo, mas toda a cultura científica deve revivê-los para receber as suas articulações corretas. Assim, eles devem ser repensados, revividos”.⁶⁹ Ele explica que um *evento da razão* denota uma modificação do pensamento racional. Não se trata de um fato que se transforma, mas de um valor racional que evolui.

Segundo Bachelard (1972 [1972]), Brunschvicg, em sua obra supracitada, não realiza um trabalho meramente histórico, mas uma análise epistemológica voltada para o desenvolvimento do pensamento matemático. Segundo ele, o filósofo fornece “um modelo, não apenas de uma história do pensamento, mas uma medida do pensamento repensado (...) um código de valores racionais”.⁷⁰ Na análise empregada em *Étapes de la philosophie mathématique*, ao determinar os *eventos da razão*, Brunschvicg apresenta a concepção de uma razão dinâmica como marca do seu racionalismo. Tryggvi Örn Úlfsson (2017), Gustavo B. Guimarães (2021) e Hourya B. Sinaceur (2006) observam que essa perspectiva ressaltada por Bachelard em relação às ideias de seu mestre exerceu influência significativa sobre o seu próprio pensamento.⁷¹

Segundo Örn Úlfsson (2017, § 1), Brunschvicg impulsionou uma *filosofia do evento*⁷² a qual postula que a inteligência, em sua natureza criativa, possui a capacidade intrínseca de constantemente transcender as estruturas de pensamento preestabelecidas. No parágrafo 5, Örn Úlfsson ressalta que a “teoria brunschvicguiana do evento” se destaca de maneira mais pronunciada na obra *Étapes de la philosophie mathématique*, embora essa teoria já esteja presente em *La modalité du jugement*, tese apresentada por Brunschvicg, em 1897. O autor ainda observa que essa teoria tem inspiração na filosofia crítica de Kant.

Örn Úlfsson (2017, § 1) explica que a concepção brunschvicguiana de *evento* influenciou os trabalhos não só de Bachelard, mas também de Jean Cavallès, Jacques Lacan,

⁶⁹ "Ces événements ne sont jamais bruyants, ils font souvent leur scandale à distance, à lointaine échéance, mais toute culture scientifique doit les revivre pour recevoir ses justes articulations. Ainsi doivent être repensés, revécus" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 169-170).

⁷⁰ "Il a donné un modèle, non seulement d'une histoire de la pensée, mais une mesure de la pensée repensée, bref, un code des valeurs rationnelles" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 170-171).

⁷¹ Na seção 2.7, voltaremos à questão da influência de Brunschvicg sobre as ideias de Bachelard.

⁷² O autor esclarece que o termo por ele utilizado em seu artigo não é encontrado nas obras de Brunschvicg.

Louis Althusser e Alain Badiou pelos quais ela evoluiu ao longo do século passado. Segundo ele, essa ideia é umas das bases da filosofia de Brunschvicg, que reside na sugestão de que a busca por uma definição definitiva da natureza da realidade deve ser substituída por uma teoria que esclareça as concepções atuais através da atividade do espírito responsável por concebê-las. Mas apenas a história dá acesso aos resultados da atividade espiritual. “Isso explica a ênfase dada à história nessa filosofia do evento, em detrimento de uma realidade eterna fixada pelos sistemas filosóficos (...) a filosofia só pode florescer depois dos eventos, uma vez que os dados tenham sido lançados.”⁷³ Isso nos remete à ideia bachelardiana de que as ciências, como fatos da razão, criam a filosofia.

Segundo Örn Úlfsson (2017, § 2), a *filosofia do evento* de Brunschvicg tem como característica fundamental o descontínuo epistêmico. Se a atividade do espírito é criadora e ativa, ela está sempre em movimento e engajada. Assim, essa atividade não pode ser subordinada a potencialidades pré-existentes no espírito. Um evento não se guia por um plano predefinido, porquanto ele exhibe uma característica imprevisível, fundamental para assegurar sua genuína singularidade. O autor explica que a perspectiva brunschvicguiana consiste em pensar os eventos como verdadeiras rupturas e não como uma continuidade entre passado e futuro. Em suas palavras:

Os eventos pelos quais o espírito rompe com seu contexto não seguem um plano preestabelecido. Eles mantêm um caráter de imprevisibilidade que é necessário para garantir sua autêntica novidade. Para que história do espírito seja verdadeiramente histórica, para discernir nela uma verdadeira atividade genuína do espírito que não seja, de fato, passividade em relação a um objetivo preconcebido, é preciso que os eventos que a pontuam não sejam eventos no sentido de Gilles Deleuze, sínteses que estabelecem continuidade entre um momento passado e um momento futuro, mas rupturas que abrem uma lacuna entre o passado e o futuro.⁷⁴

O trecho acima nos remete às reflexões bachelardianas acerca das descontinuidades históricas do saber. Com efeito, ao destacar o escopo da obra *Étapes de la philosophie mathématique* como um trabalho que define os eventos do pensamento matemático como *etapas* pensadas como descontinuidades, Örn Úlfsson (2017, § 37; 38) questiona: “não é a mesma lógica que funciona na sucessão de rupturas de Bachelard, no devir de Cavallès ou na

⁷³ "De là s'explique l'accent mis sur l'histoire dans cette philosophie de l'événement aux dépens de la réalité éternelle fixée par les systèmes philosophiques. (...) la philosophie ne peut s'épanouir qu'après les événements, une fois que les dés ont été jetés".

⁷⁴ "Les événements par lesquels l'esprit rompt avec son contexte ne suivent pas un plan préétabli. Ils gardent un caractère d'imprévisibilité qui est nécessaire afin de garantir leur nouveauté véritable. Pour que l'histoire de l'esprit soit véritablement historique, pour y discerner une véritable activité de l'esprit qui ne serait pas en vérité une passivité par rapport à une finalité préconçue, il faut que les événements qui la rythment soit non des événements au sens de Gilles Deleuze, des synthèses établissant une continuité entre un moment passé et un moment futur, mais des ruptures ouvrant une faille entre le passé et le futur".

sucessão de procedimentos genéricos de Badiou? No parágrafo subsequente, o autor apresenta a sua resposta: “é inegável que essa lógica está presente na história de Brunschvicg”.⁷⁵ Ele ainda acrescenta que, na análise do filósofo, existe a noção de “progresso”, que se desenvolve por meio das reviravoltas das ideias.

No entanto, a proximidade entre Bachelard e Brunschvicg indicada por Örn Úlfsson nesse contexto não é unânime entre os comentadores, havendo interpretações divergentes. Segundo Dagognet (1965, p. 53-54), a concepção de história entre ambos os filósofos não se confunde, visto que Bachelard avançou nesse aspecto. Nesse sentido, ele afirma:

[enquanto Brunschvicg] descreve conexões e nota ampliações, Bachelard descobre rupturas, revela dialéticas. Brunschvicg torna-se um historiador do passado, consciente, é verdade, melhor do que qualquer um, do renascimento do período moderno. Bachelard, sensibilizado pelas “aberturas” da ciência, em plena atualidade, inclina-se cada vez mais a discernir, inversamente, nas épocas anteriores, obstáculos ao progresso, recusas, mas principalmente períodos de imobilidade. A ciência ainda não existe, então a mitologia se expressa. A história das ciências de Bachelard, embora reconheça aqui e ali a ascensão e o esforço dos homens de gênio, torna-se, no entanto, a ciência ou o repertório da inércia e da obstinação, a história daquilo que não avança, mas se esforça para se manter. Estamos ao oposto ao relato brunschvicguiano.⁷⁶

Os comentários de Dagognet (1965) corroboram a afirmação de (Brenner, 2021, p. 217), segundo a qual “ao destacar o movimento da razão, transformar as etapas em descontinuidades e reverter o idealismo, Bachelard deixa entrever como as teses de Brunschvicg o conduziram à sua própria concepção”.⁷⁷ Entretanto, a análise de Örn Úlfsson (2017) acerca da epistemologia histórica brunschvicguiana pode ser respaldada pelas considerações de Bachelard em seu artigo *La philosophie scientifique de Léon Brunschvicg*. Com efeito, Bachelard (1972 [1972]) reconhece em Brunschvicg a ideia de que a razão apresenta um desenvolvimento caracterizado por momentos disruptivos e reviravoltas, transcendendo uma continuidade linear previamente moldada por determinações de uma razão absoluta.

Desse modo, reconhecemos a pertinência da observação de Örn Úlfsson (2017) ao destacar a influência de Brunschvicg nas formulações de Bachelard em relação ao conceito de

⁷⁵ "Il est indéniable que cette logique se trouve dans l'histoire de Brunschvicg".

⁷⁶ "décrit des raccords et note des élargissements, Bachelard découvre des ruptures, révèle des dialectiques. Brunschvicg devient historien du passé, conscient, il est vrai, mieux que personne, du renouveau de la période moderne. Bachelard, sensibilisé par les « ouvertures » de la science, en pleine actualité, tend de plus en plus à discerner, à l'inverse, dans les époques antérieures des obstacles au progrès, des refus, mais surtout des périodes d'immobilité. La science n'existe pas encore, donc la mythologie s'exprime. L'histoire des sciences de Bachelard, bien qu'elle reconnaisse ici ou là la montée et le sursaut des hommes de génie, devient cependant la science ou le répertoire de l'inertie et de l'entêtement, l'histoire de ce qui n'avance pas mais s'efforce de se maintenir. Nous sommes à l'opposé du récit brunschvicgien".

⁷⁷ "En soulignant le mouvement de la raison, en transformant les étapes en discontinuités et en retournant l'idéalisme, Bachelard laisse percevoir comment les thèses brunschvicgiennes l'ont conduit vers sa propre conception".

evento. Essa afinidade é corroborada por Guimarães (2021), ao enfatizar que ambos os filósofos compartilham a convicção de que a filosofia deve empreender uma análise *crítica* do desenvolvimento histórico do conhecimento científico. Suas obras epistemológicas se baseiam na investigação e reflexão acerca dos *atos* (*eventos*) relacionados à história da física e da matemática.

Como Brunschvicg, Bachelard vê a necessidade de a filosofia pôr em marcha o entendimento da razão por meio da reflexão sobre o desenvolvimento histórico da ciência; e, novamente como Brunschvicg, seu trabalho é baseado em estudos de casos na história da matemática e das ciências físicas (GUTTING apud GUIMARÃES, 2021, p.3).

Sinaceur (2006, p. 350) não apenas destaca que essa característica da filosofia de Brunschvicg está intrinsecamente relacionada à sua reinterpretação do kantismo, mas também reconhece a ligação com Bachelard. Ela escreve que em vez de “determinar as condições de possibilidade do conhecimento em geral, Brunschvicg substituiu por uma espécie de investigação meio-histórica, meio-filosófica, acerca do desenvolvimento das ciências particulares”. Ligando a razão à atividade científica, o projeto brunschvicguiano “teve como objetivo descobrir nessa atividade o que Gaston Bachelard, enfatizando a ligação íntima entre racionalidade e historicidade, chamou de “eventos da razão”.⁷⁸

Em *Le rationalisme appliqué*, Bachelard expressa explicitamente esse conceito ao escrever que “é preciso *renovar o espírito* ao entrar em contato com uma *experiência nova*”.⁷⁹ Um *evento da razão* é o resultado de uma “mutação da racionalidade” científica, as quais indicam verdadeiras reorganizações tanto teóricas como experimentais. Eles designam *rupturas epistemológicas* que podem ser verificadas na história das ideias científicas.

Segundo Bachelard, “a história da ciência está repleta de eventos da razão, fatos que forçaram a organização racional da experiência a se reorganizar”. É possível constatar um *evento* da racionalidade “cada vez que um novo elo de coordenação teórica é introduzido, cada vez que a técnica experimental é ampliada” na cultura científica.⁸⁰ Isso quer dizer que esses fatos englobam tanto novidades teóricas quanto experimentais, como é confirmado pelos notáveis avanços na física ao longo do século passado. “A Relatividade, a mecânica dos quanta,

⁷⁸ “In place of the determination of the conditions of the possibility of knowledge in general, Brunschvicg substituted a kind of half-historical, half-philosophical, enquiry into the development of particular sciences. Reason being intimately linked to scientific activity, the inquiry had as its aim to discover in this activity that which Gaston Bachelard emphasizing the intimate link between rationality and historicity, called “the events of reason”.

⁷⁹ “Il faut *renouveler l’esprit* au contact d’une *expérience nouvelle*” (BACHELARD, 2004 [1949], p. 43).

⁸⁰ “L’histoire des sciences fourmille d’événements de la raison, de faits qui ont forcé l’organisation rationnelle de l’expérience à se réorganiser. L’on pourra donc se donner à soi-même une expérience des événements de la raison tout le long de la prise de culture scientifique, à chaque accession d’un nouveau lien de coordination théorique, à chaque extension de la technique expérimentale” (BACHELARD, 2004 [1949], p. 44).

a mecânica ondulatória são, cada uma delas, eventos consideráveis da razão, revoluções da razão”,⁸¹ que representam rupturas epistêmicas, momentos da história das ciências que ilustram progressos essenciais.⁸²

Essa concepção de desenvolvimento descontínuo das ciências, caracterizado por rupturas, é uma característica essencial da epistemologia histórica bachelardiana, que, segundo Bontems (2017, p. 36), representa um contraste com a abordagem histórica brunshvicguiana. Bontems explica que Brunshvicg, apesar de ser um crítico do positivismo, mantinha-se na perspectiva cumulativa e linear do conhecimento que fundamentava esse sistema. No entanto, como enfatizado anteriormente, Örn Úflsson (2017) questiona essa interpretação ao propor uma leitura descontinuista da abordagem histórica brunshvicguiana acerca do progresso das ideias científicas, reconhecendo a influência dessa abordagem nas ideias de Bachelard.

1.3 A epistemologia histórica bachelardiana

Segundo Bontems (2017), tradicionalmente, autores como Dominique Lecourt (2002) e Georges Canguilhem (2012 [1994]) designaram a epistemologia bachelardiana como “epistemologia histórica” e “história epistemológica”, respectivamente. Como Canguilhem, Michel Foucault (2008 [1969], p. 213) fez uso do termo “história epistemológica” para designar a abordagem bachelardiana da história das ideias científicas. Bontems explica que ambas as perspectivas são apropriadas.

Na perspectiva de uma “epistemologia histórica”, conforme esclarecido por Bontems (2017, p. 39), a história é adotada como uma ferramenta analítica para compreender o desenvolvimento de uma linhagem científica. Isso implica considerar as interconexões entre ideias do passado e do presente, reconhecendo que as concepções antigas exercem influência sobre o pensamento contemporâneo. No entanto, reconhece-se que a complexidade e originalidade das ideias atuais não resultam de uma continuidade linear com o passado. Essa abordagem também contempla a perspectiva do futuro das ideias científicas, uma vez que considera essas ideias como algo inacabado e em constante evolução. Nesse contexto, o progresso das ciências é entendido como uma trajetória dinâmica, enfatizando as conexões entre as inovações do passado, as realizações do presente e as possibilidades de descobertas futuras.

⁸¹ "La Relativité, la mécanique des quanta, la mécanique ondulatoire sont chacune des événements considérables de la raison, des révolutions de la raison" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 45).

⁸² Pode-se conferir também BACHELARD (2018 [1953], p. 86).

Na perspectiva de uma “história epistemológica”, apresenta-se a trajetória das descobertas científicas, elucidando não apenas os conhecimentos vigentes na época de suas ocorrências, mas também a partir das perspectivas contemporâneas. Isso implica na construção de uma alternância entre a compreensão de como os *eventos* científicos eram interpretados no passado e a apreensão contemporânea desses mesmos acontecimentos. Dessa forma, essa abordagem envolve tanto uma perspectiva *historicista*, que contextualiza as inovações científicas do passado dentro do contexto histórico e do conhecimento disponível na época, quanto uma abordagem *presentista*, que direciona a análise dos eventos passados à luz do entendimento científico atual (Bontems, 2017, p. 39).

Segundo Bontems (2017, p. 39), apesar dessas diferenças, as abordagens “epistemologia histórica” e “história epistemológica” não são mutuamente excludentes. Ambas, ao representar os eventos científicos de forma sequencial na história, compartilham uma conexão intrínseca com as normas epistemológicas que funcionam como critérios de análise. Nesse sentido, ambas as perspectivas consideram os eventos em seu contexto histórico, juntamente com as normas científicas de julgamento. Isso é fundamental para a compreensão dos acontecimentos históricos e das normas epistemológicas que influenciaram a interpretação e julgamento dos fatos científicos ao longo do tempo.

Com essas considerações, Bontems (2017, p. 40-41) sugere outra denominação mais adequada para a epistemologia bachelardiana, a saber, “epistemologia *trans*-histórica. Em suas palavras:

Diremos que a filosofia científica de Bachelard é uma “epistemologia *trans*-histórica”: sua intenção não é julgar a história das ciências a partir de um ponto de vista epistemológico historicamente fixo e privilegiado, mas a partir de qualquer ponto de sua história (o que não impede a existência de alguns momentos privilegiados para desenvolver tal epistemologia, em particular as fases nas quais a ciência ultrapassa uma crise, refundando-se em novas bases). Bachelard é contemporâneo de Einstein, ou melhor: ele se faz o contemporâneo desse cientista, e convida-nos a renovar esse esforço. Sua hipótese é que o espírito científico possui, a cada momento de sua história, *um passado, um presente e um futuro*.

A perspectiva bachelardiana acerca da história das ciências se difere das abordagens continuístas. Nestas últimas, observa-se uma concepção linear e cumulativa do progresso do conhecimento, onde uma premissa fundamental é a existência de um ponto de partida, representado pelas origens das ideias. Nesse modelo, novos conceitos e hipóteses são adicionados de maneira incremental, assemelhando-se a um vasto quebra-cabeça que se expande ao longo da história. Desse modo, as novas ideias científicas são consideradas como complementos ou meras extensões das ideias antigas. Isso fundamenta a premissa de que as ciências evoluem de maneira gradual e lenta, pressupondo que, nas origens de uma teoria

complexa, estão presentes noções ainda vinculadas ao senso comum. Procura-se, então, refletir sobre a origem de uma teoria a fim de compreender e interpretar a sua natureza. Segundo Bachelard (2018 [1953]), essa interpretação tende a integrar os fatos científicos na temporalidade da história, conferindo-lhes uma unidade e uma linearidade análoga à estrutura de um livro. Canguilhem (2012 [1994], p. 5) denomina essa abordagem de “modelo do laboratório”, associando-a aos pressupostos positivistas. Segundo Canguilhem, nesse modelo, “a história é apenas uma injeção de duração na exposição dos resultados científicos”.

Na filosofia francesa do século XIX e início do século XX, a compreensão predominante da natureza da história das ciências era caracterizada por essa abordagem continuísta e cumulativa do conhecimento, como pode ser evidenciado nas ideias de Émile Meyerson, Pierre Duhem e mesmo de Auguste Comte.

Bulcão (2009) esclarece que Meyerson sustentava uma filosofia cujos princípios racionais eram considerados absolutos, nos quais o avanço do conhecimento científico era implicitamente percebido como uma continuidade do saber anterior. Isso incluía uma continuidade entre senso comum e saber científico, conforme explica Tiago S. Almeida (2019a). Essa continuidade era entendida como todas as formas de conhecimento sendo prefiguradas pelo *princípio de identidade*. Esse princípio se refere à tendência da atividade identificadora da razão.⁸³ Segundo Meyerson (1908 [1908]), nas ciências, esse princípio se manifesta por meio do *princípio de conservação de inércia*, do *princípio de conservação da massa* e do *princípio de conservação de energia*. David Lévy (2015, p. 335) explica que a identidade, como um processo sempre alcançado pela razão, manifesta-se como uma forma de persistência no tempo. Segundo ele, o objetivo de Meyerson foi demonstrar que podemos encontrar em quase todos os empreendimentos do conhecimento o processo de identificação, “desde o “pensamento comum” até a mecânica clássica, bem como no pensamento filosófico. Para ele, o princípio de identidade é uma espécie de molde no qual o homem lança seu pensamento”.⁸⁴ Assim, Meyerson não defende que as revoluções científicas dos séculos XIX e XX representam uma ruptura com as ideias do passado. Isso o leva à concepção de que os princípios da mecânica relativística podem ser deduzidos da mecânica newtoniana, mantendo uma relação de continuidade com o senso comum.⁸⁵

⁸³ Cf. MEYERSON (1908 [1908], p. 366; 48).

⁸⁴ "Meyerson s'attache à cerner l'importance du processus d'identification dans presque toutes les entreprises de l'esprit humain, de la « pensée commune » à la mécanique classique aussi bien que dans la pensée philosophique. Pour lui, le principe d'identité est une sorte de moule le quel l'homme coule sa pensée".

⁸⁵ Laclos (2008) questiona essa interpretação que identifica a ideia de continuidade epistemológica nas ideias meyersonianas. Ele problematiza que essa análise é mais fortemente influenciada pelas críticas de Bachelard do que efetivamente pelos conceitos de Meyerson.

Segundo Bontems (2017, p. 36), a abordagem continuísta e cumulativa pode ser remontada até as ideias de Comte. Bontems explica que, no esquema de Comte, a evolução histórica das ideias científicas segue uma lógica enciclopédica. Essa lógica tem seu ponto de partida na ciência mais simples e abstrata, a exemplo da matemática, para, em seguida, progredir em direção a domínios mais complexos, representados pela sociologia. Nesse processo, não se exclui o papel das ciências da natureza, como a física, química e biologia. “Em cada uma dessas disciplinas, uma vez alcançado o estado positivo (após os estados religioso e metafísico), considera-se que o progresso ocorre por meio de *acumulação contínua*”.

É importante acrescentar que, para Comte (1978), o conhecimento científico também é percebido como um aprimoramento do senso comum. As ideias que fazem parte do conhecimento positivo têm sua origem na sabedoria comum, estando intrinsecamente ligadas à espontaneidade e utilidade da vida cotidiana. Nesse contexto, essas ideias, embora não estejam inicialmente inseridas nos domínios da ciência, constituem seus primeiros fundamentos. No conhecimento comum estão contidos os germes e os primeiros esboços que, ao longo do tempo, desenvolvem-se gradualmente até se tornarem um conhecimento sistemático.⁸⁶ Nesse contexto, Almeida (2019a, p. 175) explica que:

A substituição do sujeito transcendental kantiano pela volta pré-Crítica, realizada por Comte, ao projeto de uma filosofia das ideias baseada em estruturas pré-existentes da inteligência humana negaria a diferença qualitativa entre conhecimento científico e senso comum, pois faria com que a diferença entre eles residisse apenas no acúmulo de conhecimentos permitidos pela experiência empírica no arrastar dos tempos. É essa teoria sobre o desenvolvimento por acúmulo (ou crescimento) dos nossos conhecimentos que, segundo Bachelard, está na origem da ilusão continuísta da historiografia.

Outro epistemólogo e historiador das ciências que adota uma perspectiva continuísta e cumulativa do desenvolvimento do saber científico é Duhem, cujas concepções comparei com a perspectiva bachelardiana em minha dissertação de mestrado.⁸⁷ Segundo Duhem (2014 [1914]), as ciências, diante de novos fatos experimentais, têm o trabalho de ajustar todo seu aparato teórico com o objetivo de manter as leis científicas. Esse processo se inicia desde os primeiros esboços de uma determinada teoria, evoluindo ao longo da história de maneira gradual, por meio de contribuições de diversos autores. Esse desenvolvimento proporciona a uma ideia previamente elementar, de épocas passadas, a evolução que a conduz a um estado sistemático. Para Duhem, trata-se de uma “longa e laboriosa gestação, [pela qual] podemos

⁸⁶ Acerca da filosofia da história de Comte, pode-se conferir ALMEIDA (2019a).

⁸⁷ Pode-se conferir também meu artigo Gaston Bachelard e Pierre Duhem: descontinuidade e continuidade epistemológica, de 2018.

seguir as transformações lentas e graduais por meio das quais o sistema teórico evoluiu. Mas em nenhum momento encontramos uma criação súbita e arbitrária de hipóteses novas” (DUHEM, 2014 [1914], p. 299). Na perspectiva do convencionalista francês, mesmo as revoluções científicas e intelectuais são consideradas como o resultado dessa longa preparação histórica, sendo interpretadas como o ápice de um determinado desenvolvimento teórico (Oliveira, 2012).

Bachelard critica essa perspectiva continuísta e cumulativa do conhecimento, argumentando que essa abordagem negligencia as complexidades dialéticas envolvidas no movimento do conhecimento científico. Ele sustenta que tal abordagem obscurece as dinâmicas intrínsecas ao desenvolvimento do saber, as quais, no espírito científico contemporâneo, revelam uma ruptura nítida com o senso comum, conforme destacamos na seção 1.1. Desse modo, Bachelard questiona a tese continuísta que sugere que o saber científico contemporâneo representa um conhecimento depurado extraído da vida ordinária. Em suas palavras:

os continuístas gostam de refletir sobre as origens, eles permanecem na zona de elementaridade da ciência. Os progressos científicos foram inicialmente lentos, muito lentos. Quanto mais lentos são, mais contínuos parecem ser. E como a ciência emerge *lentamente* do corpo do conhecimento comum, acredita-se ter a certeza definitiva da continuidade do saber comum e do saber científico. Em resumo, eis o axioma epistemológico proposto pelos continuístas: como os começos são lentos, os progressos são contínuos.⁸⁸

Segundo Bachelard, essa abordagem falha em reconhecer a atualidade da história das ciências, na medida em que as ciências contemporâneas se fundamentam em bases completamente novas, isto é, fundamentadas diretamente em modelos teórico-matemáticos, em vez de aderirem ao realismo imediato do senso comum. Sua crítica evidencia a necessidade de considerar a singularidade das bases do conhecimento científico contemporâneo em relação ao senso comum e às ideias do passado.

Ao introduzir a concepção de *ruptura epistemológica*, Bachelard apresentou um modelo alternativo ao pensar nos avanços científicos como resultantes de reorganizações racionais, fundamentadas em retificações de erros. Essa inovação representou uma ruptura com a tradição continuísta estabelecida (Almeida, 2019a, p. 176, Bontems, 2017, p. 37; Bulcão, 2009, p. 47), uma vez que ela enfatizou a importância de compreender os interregnos e limiares que o conhecimento científico produz como partes intrínsecas de seu desenvolvimento. Nesse

⁸⁸ "les continuistes aiment à réfléchir sur les origines, ils séjournent dans la zone d'élémentarité de la science. Les progrès scientifiques furent d'abord lents, très lents. Plus lents ils sont, plus continus ils paraissent. Et comme la science sort *lentement* du corps des connaissances communes, on croit avoir la certitude définitive de la continuité du savoir commun et du savoir scientifique. En somme, voici l'axiome d'épistémologie posé par les continuistes : puisque les débuts sont lents, les progrès sont continus" (BACHELARD, 2018 [1953], p.210).

contexto, a perspectiva bachelardiana acerca da história das ciências é *descontínua*, onde as inovações do conhecimento científico são os fundamentos para elaborar uma avaliação *crítica* do passado. Em *L'archéologie du savoir*, Foucault (2008 [1969], p. 4) descreve esse aspecto inovador apresentado por Bachelard ao escrever que:

Atos e liminares epistemológicos descritos por G. Bachelard: suspendem o acúmulo indefinido dos conhecimentos, quebram sua lenta maturação e os introduzem em um tempo novo, os afastam de sua origem empírica e de suas motivações iniciais, e os purificam de suas cumplicidades imaginárias; prescrevem, desta forma, para a análise histórica, não mais a pesquisa dos começos silenciosos, não mais a regressão sem fim em direção aos primeiros precursores, mas a identificação de um novo tipo de racionalidade e de seus efeitos múltiplos.

Sob essa ótica, a história desempenha um papel importante ao apresentar os *fatos* científicos, os quais devem ser submetidos à reflexão *crítica* pela epistemologia. Canguilhem (2012, p. 5) denominou essa abordagem de “modelo de tribunal”, em oposição ao “modelo de laboratório”. Nesse contexto, a epistemologia age como um juiz, proporcionando “à história o princípio de um julgamento, ensinando-lhe a última linguagem falada por tal ciência (...) permitindo-lhe assim recuar no passado até o momento em que essa linguagem deixa de ser inteligível”.

Na conferência *L'actualité de l'histoire des sciences*, de 1951, Bachelard explica que a história das ciências possui uma característica única: “pelo fato de que a ciência evolui no sentido de um progresso manifesto, a história das ciências é, necessariamente, a determinação dos sucessivos valores de progresso do pensamento científico”.⁸⁹ A história das ideias científicas está, assim, intrinsecamente entrelaçada com o avanço do conhecimento científico. Na perspectiva bachelardiana, a história das ciências deve ser entendida de forma *recorrente* e dinâmica, uma vez que os eventos passados devem ser avaliados à luz das teorias científicas do presente. Bachelard enfatiza que, nessa abordagem, a história se “esclarece pela *finalidade do presente*”. Ela é uma história que “parte das certezas do presente e descobre, no passado, as formações progressivas da verdade. Assim, o pensamento científico se garante no relato de seus progressos”.⁹⁰ Essa tese é ilustrada por meio de uma referência a Nietzsche. Bachelard escreve que “é apenas pela grande força do presente que deve ser interpretado o passado”.⁹¹

⁸⁹ "Du fait même que la science évolue dans le sens d'un progrès manifeste, l'histoire des sciences est nécessairement la détermination des successives valeurs de progrès de la pensée scientifique" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 138).

⁹⁰ "une histoire qu'on éclaire par la *finalité du présent*, une histoire qui part des certitudes du présent et découvre, dans le passé, les formations progressives de la vérité. Ainsi la pensée scientifique s'assure dans le récit de ses progrès" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 26).

⁹¹ "Ce n'est que par la plus grande force du présent que doit être interprété le passé" (NIETZSCHE apud BACHELARD, 1965 [1951], p. 24).

Segundo Almeida (2019b), essa tese visa a realizar um diagnóstico do presente, sugerindo que Bachelard teria assimilado, através de Nietzsche, a “atitude da modernidade”, significativamente influenciada por Kant. O autor explica que Foucault identificou nas reflexões de Kant, na questão da *Aufklärung*, o que ele nomeou “atitude da modernidade”, que consistia em tomar a análise do “momento presente” como uma questão filosófica. Esse entendimento da *Aufklärung* teve consequências significativas nas tradições filosóficas. “Na França, foi principalmente a história das ciências que serviu de base para a indagação filosófica sobre o significado da *Aufklärung*” (FOUCAULT apud ALMEIDA, 2019b, p. 716). As análises históricas de Bachelard das ideias científicas, assim como as de Alexandre Koyré, Georges Canguilhem e Jean Cavailles, – “funcionaram como focos importantes de elaboração filosófica, à medida que faziam atuar, sob diferentes facetas, essa questão da *Aufklärung*, essencial para a filosofia contemporânea” (FOUCAULT apud ALMEIDA, 2019b, p. 716).

Segundo Almeida (2019b, p. 716), essa atitude moderna identificada por Foucault em Kant é retomada por Bachelard, mas com uma influência de Nietzsche, que promoveu uma transformação na crítica kantiana. Assim, o autor defende que Bachelard “continua e aprofunda o projeto *crítico*” ao diagnosticar o presente por meio de sua abordagem histórica. “É essa reflexão crítica sobre a “atualidade” (que caracteriza a atitude de modernidade) sob a forma de uma nova tarefa para a filosofia (o diagnóstico) que caracteriza a historiografia das ciências de Gaston Bachelard”. No entanto, essa postura crítica em relação à atualidade, que demanda um diagnóstico do presente, não se limita à perspectiva kantiana, na medida em que ela não busca definir os limites do conhecimento, mas sim examinar os acontecimentos históricos. Bachelard, que reconhece a insuficiência das filosofias que buscam estabelecer os limites do conhecimento, semelhante a Brunschvicg, faz o uso da *crítica* na análise histórica dos avanços do pensamento científico. Assim, ele coloca como tarefa do epistemólogo a atitude crítica para realizar o “diagnóstico do estado atual dos nossos conhecimentos, isto é, pelo diagnóstico daquilo que nós somos hoje, para, em seguida, buscar entender como pudemos chegar até aqui, mas apenas para estabelecer formas de ultrapassagem possível” (ALMEIDA, 2019b, p. 721).⁹²

Segundo Bachelard (1965 [1951], 1977 [1938]), essa abordagem histórica não visa restaurar as formas de pensamento de épocas passadas, mas auxiliar o epistemólogo a reconhecer que, no dinamismo do conhecimento, determinadas ideias que integram a cultura

⁹² A análise de Almeida (2019b) ressalta uma afinidade entre Bachelard e Kant, cuja mediação se dá através de Nietzsche. No entanto, Sinaceur (2006) argumenta que a necessidade da *crítica* exigida por Bachelard na análise histórica possui também uma filiação mais próxima, associada a Brunschvicg (Ver nossa introdução). Seja através da influência mediada por Nietzsche ou da associação direta com Brunschvicg, é manifesta a presença da influência kantiana subjacente.

científica podem se tornar obsoletas. Elas podem impor limitações às interpretações de novos fenômenos científicos, representando *obstáculos* à objetividade. “Essa história recorrente, essa história julgada, essa história valorizada não podem nem quer restabelecer mentalidades pré-científicas”. Ela “é feita sobretudo para ajudar a tomar consciência da força de certas barragens que o passado do pensamento científico formou contra o irracionalismo”.⁹³

Nesse sentido, uma abordagem histórica-recorrente, que incorpora a *crítica*, surge como uma ferramenta para esclarecer os problemas enfrentados por uma ciência atual. Bontems (2017) explica que essa perspectiva possui um papel importante na superação de *obstáculos epistemológicos*, uma vez que possibilita a identificação das ideias que entravam o progresso das ciências.⁹⁴ Por meio da análise histórica e recorrente, os obstáculos são percebidos quando se delimitam as ideias do passado em contraste com as novas ideias sancionadas pela ciência. Nesse contexto, destaca-se a dialética entre *obstáculos epistemológicos* e *atos epistemológicos*, a qual ilustra a dinâmica que permeia o progresso histórico das ideias científicas. É o que esclarece a seguinte passagem de *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, de 1951.

O progresso [do conhecimento científico] é a dinâmica mesma da cultura científica, e é essa dinâmica que a história da ciência deve descrever. Ela deve descrever julgando, valorizando, removendo qualquer possibilidade de retorno a noções errôneas. A história da ciência só pode enfatizar os erros do passado como um contraponto. Então nos deparamos com a dialética dos obstáculos epistemológicos e dos atos epistemológicos (...) A noção de atos epistemológicos que estamos opondo hoje à noção de obstáculos epistemológicos corresponde àqueles solavancos do gênio científico que trazem impulsos inesperados ao curso do desenvolvimento científico. Portanto, há um negativo e um positivo na história do pensamento científico. E aqui o negativo e o positivo se separam tão nitidamente que um cientista que ficasse do lado do negativo estaria fora da cidade da ciência. Qualquer um que se limitasse a viver dentro da coerência do sistema de Ptolomeu não passaria de um historiador. E, do ponto de vista da ciência moderna, o que é negativo é uma questão para a psicanálise do conhecimento; ele deve ser barrado se tende a renascer. Por outro lado, o que no passado permanece positivo ainda está ativo no pensamento moderno. Essa

⁹³ "cette histoire récurrente, cette histoire jugée, cette histoire valorisée ne peut ni ne veut rétablir des mentalités présocratiques. Elle est faite plutôt pour aider à prendre conscience de la force de certains barrages que le passé de pensée scientifique a formés contre l'irracionalisme" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 27).

⁹⁴ Em *La formation de l'esprit scientifique*, de 1938, Bachelard apresenta sua teoria dos *obstáculos epistemológicos*, os quais têm potencial de entrar o progresso das ciências. Os obstáculos destacados nessa obra incluem a “experiência primeira”, o “conhecimento geral”, o “obstáculo verbal”, o “substancialismo”, o “conhecimento unitário e pragmático”, o “obstáculo animista” e o “obstáculo ao conhecimento quantitativo”. No entanto, a concepção bachelardiana de obstáculo diz respeito a qualquer convicção racional relacionada a ideias que perderam sua capacidade de explicação em novos contextos do conhecimento científico Bachelard escreve que “um conhecimento adquirido por um esforço científico pode, ele mesmo, declinar A questão abstrata e direta se desgasta: a resposta concreta permanece. Assim, a atividade espiritual se inverte e se bloqueia. Um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado. Hábitos intelectuais que foram úteis e saudáveis podem, ao longo do tempo, impedir a pesquisa”. [Une connaissance acquise par un effort scientifique peut-elle même décliner. La question abstraite et franche s'use : la réponse concrète reste. Dès lors, l'activité spirituelle s'invertit et se bloque. Un obstacle épistémologique s'incruste sur la connaissance non questionnée. Des habitudes intellectuelles qui furent utiles et saines peuvent, à la longue, entraver la recherche" (BACHELARD, 1977 [1938], p. 14-15)].

herança positiva do passado constitui um tipo de passado atual cuja ação no pensamento científico atual é manifesta.⁹⁵

Daí a importância da distinção bachelardiana entre *história das ciências obsoleta* e *história das ciências sancionada*. Segundo Canguilhem (2012 [1994], p. 6), essa diferenciação desempenhou um papel significativo no desenvolvimento da reflexão filosófica na história das ciências. Em suas palavras: “[foi Bachelard] quem contrapôs a história caduca à história sancionada, considerada como a narrativa dos eventos de experimentação ou de conceitualização científica avaliados em sua relação com os valores científicos mais recentes”.

A *história das ciências obsoleta* se refere às teorias científicas do passado que perderam seu valor racional e, portanto, não têm mais relevância no cenário científico atual. Ela se constitui como o registro das teorias que se revelaram equivocadas, sendo refutadas por abordagens mais objetivas e pela experimentação. Trata-se das teorias infecundas que permanecem na história das ciências e que, no presente, carecem de valor científico e pedagógico. Um exemplo é a teoria do flogístico (Bachelard, 1965 [1951]). Segundo Bontems (2017, p. 41), “o que Bachelard chama de história obsoleta das ciências é a ciência que deixou de ser adequada. Frequentemente é a ciência sobre a sua forma esclerosada que resiste a sua própria dinâmica”.

A *história das ciências sancionada* se refere aos conhecimentos considerados válidos no presente, mesmo que suas origens estejam no passado e tenham sido posteriormente retificadas. São conceitos que, embora tenham sido reinterpretados à luz das experiências contemporâneas, ainda mantêm seu valor científico. Um exemplo são os estudos acerca do *calórico*, que permanecem fecundos na atualidade, na medida em que eles possuem valor racional e objetivo nas aplicações experimentais relacionadas ao *calor específico* dos corpos materiais (Bachelard, 1965 [1951]). Nesse âmbito, Bontems (2017, p. 41) explica que as descobertas do passado das ciências podem conservar valor objetivo e pedagógico na cultura científica atual. Esses saberes não podem ser excluídos da cultura científica. No progresso das

⁹⁵ "Le progrès [de la connaissance scientifique] est la dynamique même de la culture scientifique, et c'est cette dynamique que l'histoire des sciences doit décrire. Elle doit décrire en jugeant, en valorisant, en enlevant toute possibilité à un retour vers des notions erronées. L'histoire des sciences ne peut insister sur les erreurs du passé qu'à titre de repoussoir. On rencontre alors la dialectique des *obstacles épistémologiques* et des *actes épistémologiques* (...) La notion d'actes épistémologiques que nous opposons aujourd'hui à la notion d'obstacles épistémologiques correspond à ces saccades du génie scientifique qui apporte des impulsions inattendues dans le cours du développement scientifique. Alors, il y a un *négatif* et un *positif* dans l'histoire de la pensée scientifique. Et ici le négatif et le positif se séparent si nettement que le savant qui prendrait parti pour le *négatif* se mettrait hors de la cité scientifique. Qui se bornerait à vivre dans la cohérence du système de Ptolémée ne serait plus qu'un historien. Et du point de vue de la science moderne, ce qui est *négatif* relève d'une psychanalyse de la connaissance ; il faut le barrer s'il tend à renaître. Au contraire ce qui dans le passé reste *positif* vient encore agir dans la pensée moderne. Cet héritage positif du passé constitue une sorte de *passé actuel* dont l'action dans la pensée scientifique du temps présent est manifeste" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 25).

ciências, as teorias científicas como a de Galileu “são sempre pertinentes para compreender o princípio da relatividade”.

Segundo Bachelard (1977 [1938]), a história é intrinsecamente resistente a qualquer juízo normativo. Ela não procura realizar juízos normativos acerca dos eventos passados. Isso justifica a necessidade de reflexão crítica na análise epistemológica acerca da eficácia de uma determinada ideia científica. Na perspectiva bachelardiana, “não teria sentido simplesmente descrever os fatos sem uma crítica que mostrasse o fundamento e a validade das descobertas científicas” (BULCÃO, 2009, p. 48). Bachelard explica que esse julgamento ou avaliação crítica deve ser realizado pelo epistemólogo por meio do “ponto de vista da razão e até mesmo do ponto de vista da razão evoluída, pois é somente nos dias de hoje que podemos julgar plenamente os erros do passado espiritual”.⁹⁶ Isso o diferencia do historiador das ciências que apenas descreve e registra os fatos científicos como eventos do passado. O epistemólogo deve analisar os fatos das ciências por meio de uma análise crítica e reflexiva, introduzindo os eventos em um contexto mais amplo da racionalidade.

É, portanto, o esforço de racionalidade e construção que deve reter a atenção do epistemólogo. Aqui podemos ver o que distingue o trabalho do epistemólogo do trabalho do historiador das ciências. O historiador das ciências deve considerar as ideias como fatos. O epistemólogo deve considerar os fatos como ideias, inserindo-os em um sistema de pensamento. Um fato mal interpretado por uma época permanece um *fato* para o historiador. Ao critério do epistemólogo, um *obstáculo*, é um contra-pensamento.⁹⁷

Essa história julgada apresenta uma história de erros retificados à luz de novas ideias. Isso sustenta a ideia de uma positividade e utilidade do erro, que é concebido como um impulsionador do conhecimento.⁹⁸ O conhecimento objetivo surge da retificação de um erro, representando a superação de ideias que perderam sua adequação. Esse processo revela as limitações dessas ideias diante de novos fatos que abrem a possibilidade de retificação discursiva. Nas palavras de Bachelard:

[o espírito científico] é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Ele joga seu passado histórico, condenando-o. Sua

⁹⁶ "Il doit les juger du point de vue de la raison et même du point de vue de la raison évoluée, car c'est seulement de nos jours, que nous pouvons pleinement juger les erreurs du passé spirituel" (BACHELARD, 1977 [1938], p. 17).

⁹⁷ "C'est donc l'effort de rationalité et de construction qui doit retenir l'attention de l'épistémologue. On peut voir ici ce qui distingue le métier de l'épistémologue de celui de l'historien des sciences. L'historien des sciences doit prendre les idées comme des faits. L'épistémologue doit prendre les faits comme des idées, en les insérant dans un système de pensées. Un fait mal interprété par une époque reste un *fait* pour l'historien. C'est, au gré de l'épistémologue, un *obstacle*, c'est une contre-pensée" (BACHELARD, 1977 [1938], p. 17).

⁹⁸ Cf. BACHELARD (1977 [1938], p. 274).

estrutura é a consciência de suas faltas históricas. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro.⁹⁹

O espírito científico revela, conforme explica Almeida (2019b, p. 722), sua positividade na história das ciências mediante as ultrapassagens alcançadas no seu processo de desenvolvimento. Quando isso ocorre, “é o próprio espírito científico que se retifica e reafirma a condição radicalmente histórica do seu presente e do seu futuro”.

1.4 Mecânica quântica como *ruptura epistemológica*

A mecânica quântica é um campo da física contemporânea que se constituiu nas primeiras décadas do século passado. É uma ciência que investiga os fenômenos atômicos e pode ser nomeada também física do mundo microscópico (Heisenberg, 1971 [1958]). Bachelard (1975 [1933], 1965 [1951]) define a mecânica quântica como uma ciência *construtora de objetos* com base no pensamento matemático. Esses objetos são produtos da razão que se realizam por meio de uma experiência técnica precisa pela qual se cria uma realidade inteiramente nova em relação ao real do mundo comum e sensível.

As considerações de Bachelard acerca da mecânica quântica como um ponto de ruptura epistemológica surgem em um contexto efervescente de discussões importantes entre físicos¹⁰⁰ e filósofos¹⁰¹ na primeira metade do século XX, diante da necessidade de interpretar a física contemporânea.

Heisenberg (1971 [1958], p. 13-33) destaca que o desenvolvimento da mecânica quântica é marcado por diversos eventos, entre os quais: a descoberta de Planck do *quantum elementar de ação*, em dezembro de 1900; a explicação do *efeito fotoelétrico* por Einstein, em 1905; o modelo atômico planetário de Rutherford, no ano de 1911, e sua retificação por Bohr, em 1913, que inseriu o postulado de Planck para compreender o movimento dos *elétrons* nos átomos; o experimento, conhecido como *efeito Compton*, sobre a dispersão dos raios X por Compton, no ano 1923; o dualismo onda-partícula estabelecido por De Broglie, em 1924; e, por fim, a *equação* de Schrödinger, que estabeleceu uma função matemática para as ondas

⁹⁹ "l'esprit scientifique est essentiellement une rectification du savoir, un élargissement des cadres de la connaissance. Il juge son passé historique en le condamnant. Sa structure est la conscience de ses fautes historiques. Scientifiquement, on pense le vrai comme rectification historique d'une longue erreur" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 177).

¹⁰⁰ Pode-se conferir HEISENBERG (2016 [1969], 2009 [1962], 1971 [1958]), BOHR (1995 [1958]), PLANCK (2012 [1948]) e SCHRÖDINGER (1990 [1958], 1992 [1951;1954]).

¹⁰¹ Pode-se conferir HERMANN (1996 [1935]).

estacionárias, no ano de 1926. É interessante observar nesse rol de eventos elencado por Heisenberg que o movimento de consolidação da mecânica quântica durou quase três décadas.

Embora considere a mecânica quântica um caso exemplar de ruptura epistemológica, Bachelard atribui à mecânica relativística o começo de um novo espírito científico. Em *La formation de l'esprit scientifique*, ele aponta que, em 1905, a teoria da relatividade abalou os conceitos que eram tidos como imutáveis.

Fixaremos mais exatamente a era do novo espírito científico em 1905, quando a Relatividade einsteiniana vem deformar conceitos primordiais que acreditávamos para sempre imóveis. A partir dessa data, a razão multiplica suas objeções, dissocia e religa as noções fundamentais, ela tenta as abstrações mais audaciosas. Pensamentos, dos quais um único bastaria para ilustrar um século, aparecem em vinte e cinco anos, sinais de espantosa maturidade espiritual. Tais são a mecânica quântica, a mecânica ondulatória de Louis de Broglie, a física das matrizes de Heisenberg, a mecânica de Dirac, as mecânicas abstratas e, em breve, as físicas abstratas que ordenarão todas as possibilidades de experiência.¹⁰²

Como é possível notar, a mecânica quântica é incluída por Bachelard como um elemento de descontinuidade epistêmica junto aos demais desenvolvimentos da física. No entanto, é com a teoria da relatividade restrita, em 1905, que uma nova era científica se inicia. Com base nas explicações de Heisenberg (1971 [1958]) acerca da lenta maturação da mecânica quântica, aponte em meu trabalho de mestrado em 2017 que um dos motivos pelos quais Bachelard não teria considerado a descoberta do *quantum elementar de ação* por Planck, em 1900, como o início do novo espírito científico, foi o fato de a mecânica relativística ter emergido como um sistema acabado, enquanto a física atômica levou quase três décadas para se consolidar como uma teoria estabelecida.

Segundo Heisenberg (1971 [1958]), a mecânica quântica adquiriu o caráter de uma ciência unificada apenas a partir do ano de 1927. Isso se deu não apenas pela emergência de seu formalismo matemático coerente, mas também por meio da *equação* de Schrödinger e o *princípio de complementaridade* de Bohr. Este último, esquecido por Bachelard, conforme expliquei em meu trabalho “Bachelard crítico de Bohr?” publicado em 2019, constitui o eixo

¹⁰² "nous fixerions très exactement l'ère du *nouvel esprit scientifique* en 1905, au moment où la Relativité einsteinienne vient déformer des concepts primordiaux que l'on croyait à jamais immobiles. À partir de cette date, la raison multiplie ses objections, elle dissocie et réapparente les notions fondamentales, elle essaie les abstractions les plus audacieuses. Des pensées, dont une seule suffirait à illustrer un siècle, apparaissent en vingt-cinq ans, signes d'une maturité spirituelle étonnante. Telles sont la mécanique quantique, la mécanique ondulatoire de Louis de Broglie, la physique des matrices de Heisenberg, la mécanique de Dirac, les mécaniques abstraites et bientôt sans doute les Physiques abstraites qui ordonneront toutes les possibilités de l'expérience" (BACHELARD, 1977 [1938], p. 7).

central do que ficou conhecida como Interpretação de Copenhague ou Interpretação Ortodoxa da mecânica quântica, ou ainda Interpretação da Complementaridade.¹⁰³

No entanto, apesar de sua lenta maturação, as inovações teóricas e experimentais apresentadas pela mecânica quântica constituíram provas de importantes transformações na física contemporânea que abalaram não apenas os conceitos mais fundamentais da ciência clássica, mas também aqueles apresentados pela teoria da relatividade. “Tal ciência [a mecânica quântica] não tem análogo no passado. Ela fornece um exemplo particularmente nítido da ruptura histórica na evolução das ciências modernas”.¹⁰⁴

Bachelard frequentemente destaca em seus textos o problema da descontinuidade conceitual na linguagem científica levantado pela na nova física. Esse tema também foi objeto de reflexão por diversos físicos de sua época como Heisenberg e Bohr. Entretanto, como apresentei em meu artigo publicado em 2019, “G. Bachelard e W. Heisenberg: o problema da linguagem na mecânica quântica”, é importante observar que apesar de Bachelard e Heisenberg abordarem o mesmo problema da linguagem na mecânica quântica, ambos os autores propõem soluções distintas. Bachelard defende que as explicações científicas sejam pautadas apenas na linguagem matemática, criticando o uso da linguagem ordinária. Heisenberg, por sua vez, adota o *princípio de complementaridade* de Bohr. Embora ele reconheça a descontinuidade conceitual apresentada pela nova física, defende o uso legítimo dos conceitos clássicos para clarificar situações experimentais que a teoria quântica descrever.

Segundo Heisenberg (1971 [1958]), “a mudança do conceito de realidade que se manifestou na *teoria dos quanta* não é uma simples continuação do passado; parece ser uma verdadeira ruptura na estrutura da ciência” (p. 33).¹⁰⁵ Para Bohr (1995 [1958]), a mecânica quântica “exigiu uma revisão das bases do uso inambíguo de conceitos elementares” (p. 76)

¹⁰³ Para uma compreensão do que foi a “Interpretação de Copenhague” e outras interpretações da mecânica quântica na primeira metade do século XX pode-se ver W. Heisenberg (1971 [1958], p. 46-57; 114-128).

¹⁰⁴ “Une telle science n’a pas d’analogie dans le passé. Elle apporte un exemple particulièrement net de la rupture historique dans l’évolution des sciences modernes” (BACHELARD, 1965 [1951], p. 24). Podemos encontrar uma afirmação similar em Bohr (1995 [1958], p. 25): “devemos reconhecer que a situação com que se depara a moderna teoria atômica é totalmente sem precedentes na história da ciência física”.

¹⁰⁵ “Le changement dans le concept de réalité qui s’est manifesté dans la *théorie des quanta* n’est pas une simple continuation du passé ; il semble être une véritable rupture dans la structure de la science” (HEISENBERG, 1971 [1958], p. 33). O físico ressalta nessa mesma obra como os conceitos filosóficos de *res extensa* e *res cogitans* da filosofia cartesiana, e os de *espaço*, *tempo*, *causalidade* e *substância* como *a priori* absolutos da filosofia kantiana são estremecidos com o advento da nova mecânica. Heisenberg ainda dedica um capítulo dessa obra no qual ele discute a atualidade do conceito de *matéria* na física contemporânea. Cf. HEISENBERG (1971 [1958], p. 129-143).

como parte de seu desenvolvimento. Tratou-se de uma tarefa de revisão conceitual e terminológica.¹⁰⁶

O problema da linguagem em razão da descontinuidade conceitual percorre toda a epistemologia de Bachelard. Segundo ele, a nova física mostrou que as ciências possuem uma linguagem que se retifica em função das reformas epistêmicas em seu movimento histórico. Nas palavras do filósofo francês:

[a linguagem científica é] constantemente retificada, completada, diversificada. A linguagem da ciência está em estado de revolução semântica permanente. (...) A linguagem científica é, por princípio, uma neolinguagem.¹⁰⁷

Por consequência, a linguagem filosófica deve se atualizar em função dessas retificações. O problema da linguagem na física contemporânea emerge como resultado da ruptura com a física newtoniana. Conforme escreve Heisenberg (1971 [1958]), a mecânica de Newton pôde demonstrar, mediante sua grande coerência matemática e conceitual, uma representação da natureza pela qual foi possível obter um entendimento claro acerca dos fenômenos da realidade comum.¹⁰⁸

A coerência matemática e conceitual do sistema newtoniano se apresentou tão encerrada em si mesma que apenas uma modificação conceitual bastaria para pôr em questão todo o sistema. É o que Bachelard explica na seguinte passagem: “o pensamento newtoniano era à primeira vista um tipo maravilhosamente límpido do pensamento fechado; dele não se podia sair a não ser por arrombamento”.¹⁰⁹ Foi no arcabouço conceitual da física newtoniana que se tornou manifesta a descontinuidade epistêmica em razão do advento dos novos objetos do saber. Conceitos clássicos tais como o de *matéria*, *tempo*, *espaço*, *massa*, *simultaneamente*, entre outros, encontraram limites de aplicação para o entendimento dos objetos da nova física.

Em *Le matérialisme rationnel*, Bachelard explica que é enganoso interpretar a nova física mediante uma continuidade semântica entre termos da física clássica e da física quântica. Os conceitos clássicos apenas podem ser tomados com cautela. É por essa razão que muitos deles são colocados entre aspas. O filósofo francês fornece o exemplo do emprego dos conceitos

¹⁰⁶ Em *Debate com Einstein*, Bohr (1995 [1958]) escreve: “Nesse contexto, fiz uma advertência especial contra certas expressões, comumente encontradas na literatura da física, tais como “perturbação dos fenômenos pela observação” ou “criar atributos físicos para os objetos atômicos através de medidas”. Tais expressões, que podem servir para nos lembrar dos aparentes paradoxos da teoria quântica, são igualmente propensas a causar confusão, já que palavras como “fenômenos” e “observações”, bem como “atributos” e “medidas”, são usadas de um modo que dificilmente seria compatível com a linguagem comum e com a definição prática” (p.78).

¹⁰⁷ “Elle est sans cesse rectifiée, complétée, nuancée. Le langage de la science est en état de révolution sémantique permanente. (...) Le langage scientifique est, par principe, un néolangage” (BACHELARD, 2018 [1953], p. 215).

¹⁰⁸ Ver também PLANCK (2012 [1948], p. 82).

¹⁰⁹ “La pensée newtonienne était de prime abord un type merveilleusement net de pensée fermée ; on ne pouvait en sortir que par effraction” (BACHELARD, 1999 [1934], p. 46).

de gota d'água, temperatura e evaporação por Bohr em suas pesquisas acerca do núcleo atômico.

Sob a capa desta imagem da “gota” onde se aglomeram os núcleos, podemos dizer que a incorporação de um nêutron suplementar aumenta a energia interna do núcleo, em outras palavras, a “temperatura” do núcleo. Como resultado deste aumento na “temperatura”, uma emissão de um corpúsculo poderá ocorrer seguindo um processo chamado “evaporação”. Mas as palavras gota, temperatura, evaporação devem ser naturalmente colocadas em aspas. Para os físicos nucleares estas palavras são, de certa forma, tacitamente redefinidas. Elas representam conceitos que são totalmente diferentes dos conceitos da física clássica, a fortiori bem diferentes dos conceitos do conhecimento comum. (...) Portanto, não há *continuidade* entre a noção de temperatura do laboratório e a noção de “temperatura” de um núcleo. (...) Se se prestasse atenção a esta atividade de tradução muitas vezes escondida, perceber-se-ia que há assim um grande número de termos entre aspas na linguagem da ciência. A colocação de aspas poderia então ser confrontada com a colocação de parênteses, uma das atitudes específicas da consciência da ciência. Ela é solidária de uma declaração de consciência de método. O termo em aspas eleva o tom. Ele toma, acima da linguagem comum, o tom científico. Desde que uma palavra da antiga língua é assim colocada, pelo pensamento científico, entre aspas, ela é sinal de uma mudança no método de conhecimento que toca um novo domínio da experiência. Podemos dizer que, do ponto de vista do epistemólogo, é o sinal de uma ruptura, de uma descontinuidade de sentido, de uma reforma do saber.¹¹⁰

Como enfatizado no final da citação, a descontinuidade conceitual representa uma ruptura no domínio semântico dos termos científicos, evidenciando uma reorganização do conhecimento científico. Essa reforma semântica se estabelece sobre os conceitos do conhecimento comum e da ciência clássica, tornando-se, assim, um dos pilares para entender a ruptura entre a física clássica e a física contemporânea.

Ao ler alguns dos físicos fundadores da mecânica quântica é possível notar que eles também consideraram que a nova situação da física rompeu a correlação quase simbiótica entre as concepções do conhecimento vulgar e o saber científico. Ao considerar essa descontinuidade, Bohr (1995 [1958], p. 87) explica que “a mecânica clássica apresenta uma descrição objetiva, no sentido de se basear num uso bem definido de imagens e ideias referentes aos

¹¹⁰ "Sous le couvert de cette image de la « goutte » où s'agglomère les nucléons, on pourra dire que l'incorporation d'un neutron supplémentaire augmente l'énergie interne du noyau, autrement dit la « température » du noyau. A la suite de cette augmentation de « température », une émission d'un corpuscule pourra se faire suivant un processus qu'on appellera une « évaporation ». Mais les mots goutte, température, évaporation doivent naturellement être mis entre guillemets. Pour les physiciens nucléaires ces mots sont en quelque sorte tacitement redéfinis. Ils représentent des concepts qui sont totalement différents des concepts de la physique classique, a fortiori bien différents des concepts de la connaissance commune. (...) Il n'y a donc aucune *continuité* entre la notion de la température du laboratoire et la notion de la « température » d'un noyau (...) Si l'on portait son attention sur cette activité de traduction souvent masquée, on s'apercevrait qu'il y a ainsi dans le langage de la science un grand nombre de termes entre guillemets. La mise entre guillemets pourrait alors être confrontée avec la mise entre parenthèse une des attitudes spécifiques de la conscience de science. Elle est solidaire d'une déclaration de conscience de méthode. Le terme entre guillemets hausse le ton. Il prend, au-dessus du langage commun, le ton scientifique. Dès qu'un mot de l'ancienne langue est ainsi mis, par la pensée scientifique, entre guillemets, il est le signe d'un changement de méthode de connaissance touchant un nouveau domaine de l'expérience. Nous pouvons bien dire que du point de vue de l'épistémologue, il est le signe d'une rupture, d'une discontinuité de sens, d'une réforme du savoir" (BACHELARD, 2018 [1953], p. 216-217).

acontecimentos da vida cotidiana”. Heisenberg (1971 [1958], p. 160) ressalta que os conceitos da física clássica, como *espaço e tempo*, não passam de um simples refinamento dos termos da vida cotidiana. “As definições de Newton podiam ser consideradas como formulação matemática precisa desses conceitos habituais”.¹¹¹

Segundo Planck (2012 [1948], p. 61), a nova física se libertou dos traços antropomórficos que eram característicos da física clássica. Ele explica que esses traços são evidentes quando olhamos para as noções de *força e calor*, as quais tinham como base o mundo das sensações. Isso porque os fenômenos de investigação da física newtoniana eram os objetos observáveis. Mas a física contemporânea instituiu novos fenômenos com uma evidente redução de todos os elementos sensíveis quando instituiu novos fenômenos.

Com base nas considerações apresentadas, é possível afirmar que a ideia de que a mecânica quântica estabeleceu uma ruptura epistemológica na física constitui uma discussão relevante entre físicos e filósofos, sendo Bachelard um notável representante deste diálogo. No entanto, é crucial ressaltar que, embora a noção de ruptura possa ser identificada nos argumentos desses físicos para evidenciar as transformações no âmbito da física, o significado que Bachelard atribui a esse termo é singular. Trata-se de um conceito filosófico complexo, o qual não deve ser confundido com a utilização desse termo nas concepções dos mencionados físicos.

Acreditamos que a noção bachelardiana de ruptura epistemológica constitui uma categoria essencial para a compreensão do movimento dialético do saber, tanto no campo científico quanto filosófico, como apresentamos ao longo deste capítulo. A seguir, aprofundaremos a questão da mecânica quântica como uma ruptura epistemológica, destacando as especificidades dos novos objetos do conhecimento

1.5 A ruptura no objeto do conhecimento

A mecânica quântica revelou uma realidade dos elementos subatômicos que rompeu com a experiência e o conhecimento comuns. Com advento dessa ciência, os objetos comuns, isto é, as *coisas* do mundo empírico, deixaram de ser os elementos primordiais nas pesquisas na nova física. É a diversidade dos objetos quânticos que ocupam a partir do século XX boa

¹¹¹ "Les définitions de Newton pouvaient être considérées comme la formulation mathématique précise de ces concepts habituels" (HEISENBERG, 1971 [1958], p. 160).

parte das investigações científicas. Os corpúsculos quânticos, sejam sob a forma de onda, sejam sob a forma de partícula, são as grandes *invenções* trazidas pelo atomismo contemporâneo.

Podemos, portanto, afirmar que na física contemporânea coexistem dois gêneros de objetos do saber destacados por Bachelard em sua filosofia científica: os objetos do real comum, isto é, os objetos sensíveis, macroscópicos e substancializados, que podem ser examinados por meio dos métodos da mecânica clássica, e os objetos quânticos, com características inteiramente distintas. Estes últimos são o resultado da imbricação entre teoria e experiência, sendo indispensável para a sua determinação a presença dos instrumentos técnicos de medição. Tratam-se de elementos *desrealizados* e *dessubstancializados*, uma vez que suas estruturas são inteiramente matemáticas. Esses objetos instauraram uma nova realidade que Bachelard nomeia às vezes *realismo instruído*.¹¹²

Em minha dissertação de mestrado, ao analisar a questão do progresso do saber tomando como base a noção de *ruptura epistemológica*, tratei da distinção entre duas bases epistemológicas na filosofia da física bachelardiana, quais sejam, o *realismo imediato* e o *realismo instruído*. Identifiquei que Bachelard apresenta uma ruptura entre essas duas bases de pensamento. O primeiro se refere a todo período da ciência moderna, enquanto o segundo tem origem a partir da revolução quântica. Na minha análise acerca da noção bachelardiana de *realismo instruído* evidenciei de que modo a mecânica quântica é um caso paradigmático de ruptura epistemológica.

O *realismo instruído*, que tem como referência o real dos objetos quânticos, é uma novidade do século XX que não pode ser diretamente compreendida pelos sistemas filosóficos clássicos. As categorias clássicas podiam ser perfeitamente aplicadas no entendimento dos objetos do conhecimento comum e sensível. A mecânica quântica reclama categorias inéditas. Como escreve Bachelard, “a microfísica contemporânea é a ciência de um mundo novo; a metamicrofísica deverá ser feita, sobre a base das novas experiências, com categorias novas”.¹¹³

Segundo Bachelard (1983 [1940], p. 107, 1937 [1937], p. 9; 27), os objetos comuns, que são tomados como investigação da física clássica, apresentam como características

¹¹² As noções de *realismo imediato* e de *realismo esclarecido* são apresentadas de maneira dispersas por Bachelard. Além disso, o filósofo utiliza outros termos para designar esses mesmos conceitos. Ainda em meu trabalho de mestrado elaborei uma distinção sistemática entre as duas categorias. Ressaltei, por um lado, que Bachelard utiliza como sinônimos os termos *realismo imediato*, *realismo ingênuo* e *realismo elementar*. Por outro lado, evidenciei que os termos *realismo técnico*, *realismo esclarecido*, *realismo instruído*, *realismo indireto*, *realismo científico* e *realismo trabalhado* possuem o mesmo sentido.

¹¹³ "La microphysique contemporaine est la science d'un monde nouveau, la métamicrophysique devra être faite, sur la base des expériences nouvelles, avec des catégories nouvelles" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 15).

fundamentais a localização geométrica euclidiana e a substancialização.¹¹⁴ Em razão dessas duas características específicas, esses objetos mantêm uma unidade existencial e absoluta com os objetos da percepção. Isso significa que o trabalho científico da modernidade se caracterizava por uma investigação acerca dos objetos da percepção, isto é, dos objetos da realidade sensível. Como também explica Planck (2012 [1948], p. 61), as pesquisas científicas na física clássica “estavam ligadas a fenômenos naturais especialmente notáveis”.

Em *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, Bachelard explica de que modo a ciência moderna com base na localização geométrica dos objetos em um espaço comum deduzia a individualidade ou unidade existencial dos fenômenos.

A física pré-quântica supunha como certo que a situação no espaço individualizava os corpúsculos como individualizava os corpos na escala comum. Bastava que dois objetos estivessem em lugares diferentes para serem diferentes, e se fossem diferentes, estavam necessariamente em lugares diferentes. O lugar exato era, portanto, um sinal essencial.¹¹⁵

A substancialização e a localização precisa dos objetos contribuíram para a formação da ideia de que a ciência era apenas uma depuração do senso comum. A experiência científica baseava-se nos mesmos objetos individualizados da experiência ordinária. Assim, era vista como um refinamento dessa experiência comum, por se referir essencialmente à mesma classe de objetos.

É importante notar que, segundo Bachelard (1977 [1938]), o estudo desses objetos na ciência clássica podia se dar mediante aparelhos que nada mais eram que simples adaptações de instrumentos da vida cotidiana, tais como o espelho, a peneira e a balança. Estes serviam apenas como ampliações dos sentidos humanos a fim de favorecer o estudo dos fenômenos. Em *Le rationalisme appliqué*, o filósofo francês explica que a *garrafa de Leyden* seria um desses aparelhos resultantes da adaptação de objetos da vida comum. Por esse motivo, esse tipo de capacitor não corresponderia a um aparelho essencialmente científico.¹¹⁶ Os capacitores da física contemporânea, por sua vez, não possuem qualquer correlação com os objetos da nossa experiência ordinária.

¹¹⁴ Ao considerarmos que o vocabulário bachelardiano apresenta uma diversidade de termos para designar o objeto do conhecimento no período pré-científico e científico, adotaremos um único termo, qual seja, *objeto comum*, a fim de manter clareza no desenvolvimento de nossa análise.

¹¹⁵ "La physique préquantique supposait comme allant de soi que la situation dans l'espace individualisait les corpuscules comme elle individualise les corps à l'échelle ordinaire. Il suffisait que deux objets fussent dans des lieux différents pour être différents et s'ils étaient différents, ils étaient nécessairement dans des lieux différents. Le lieu précis était ainsi un signe essentiel" (BACHELARD, 1937 [1937], p. 59).

¹¹⁶ Cf. BACHELARD (2004 [1949], p. 149-150).

Os objetos comuns das investigações científicas na modernidade eram, para o filósofo francês, as *coisas* ou *objets dados* do mundo empírico. Bachelard (1965 [1951], p. 84-86; 87, 1970 [1970], p. 13) afirma que a ciência moderna tinha como objetivo conhecer as *coisas* do mundo. As *coisas* são fenômenos em repouso em um espaço tridimensional. “A coisa é apenas um fenômeno parado”,¹¹⁷ dirá ele, referindo-se ao próprio objeto do conhecimento comum e sensível. “Só os objetos do conhecimento comum podem existir *placidamente*, tranquilos e inertes no espaço”.¹¹⁸ Assim, a física clássica era uma ciência das *coisas*.

Os objetos do conhecimento comum e sensível podiam ser concebidos como elementos participantes de uma realidade pouco fugaz, de uma realidade absoluta e tranquila na qual se podia estabelecer uma harmonia entre os fenômenos naturais. Essa realidade podia ser inteiramente conhecida pela física newtoniana. Em *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, o filósofo francês escreve:

Um fenômeno adormecido é uma riqueza da substância que se economiza; é o sinal de uma realidade mais profunda, menos fugaz. (...) o essencial é que o *lugar* onde o evento designado ocorrerá seja fixado, é que a coisa inerte ou obscura possa esperar, num canto preciso do espaço, movimento ou luz. Assim, a base do conhecimento do real é a estrutura espacial e a localização é a única raiz verdadeira da substancialização.¹¹⁹

A ideia de átomo na modernidade surge atrelada à noção de objeto do conhecimento comum e, portanto, ligada a concepções realistas. Foi assim que a metafísica atomista apresentava os átomos como elementos em miniaturas de pontos materiais que constituem a realidade do mundo físico. Em *Les intuitions atomistiques*, de 1933, Bachelard denomina *atomismo realista* o conjunto de ideias acerca dos átomos que eram sustentadas sem nenhuma relação com o campo experimental.

Esse tipo de atomismo reforçava mais a realidade substancial, supostamente encontrada nos átomos, do que a própria realidade dos fenômenos. A metafísica realista concebia o átomo como uma substância produtora de suas características mais fundamentais, e assim, reduzia as leis dos fenômenos aos aspectos substanciais. Bachelard (1975 [1933]) explica que uma das características mais superficiais do atomismo realista era a de atribuir aos átomos os dados

¹¹⁷ "La chose n'est qu'un phénomène arrêté" (BACHELARD 1983 [1940], p. 109).

¹¹⁸ "Seuls les objets de la connaissance commune peuvent exister placidement, tranquilles et inertes dans l'espace" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 81).

¹¹⁹ "un phénomène qui dort, c'est une richesse de la substance qui s'économise ; il est le signe d'une réalité plus profonde, moins fugace. (...) l'essentiel est que la *place* où se produira l'événement désigné soit fixée, l'essentiel est que la chose inerte ou obscure puisse attendre, en un coin précis de l'espace, le mouvement ou la lumière. Ainsi la base de la connaissance du réel est le cadre spatial et la localisation est la seule vraie racine de la substantialisation" (BACHELARD, 1937 [1937], p. 8).

oriundos da sensação. O *atomismo realista*, ao atribuir caracteres sensíveis aos átomos, implicava então numa filosofia *coisista*.

Em sua individualidade triunfante, átomos serão trazidos, por exemplo, para explicar diretamente os sabores, os cheiros, as cores. Muitas vezes, no entanto, a filosofia atomística terá um escrúpulo. A propriedade sensorial será então considerada como um tipo de relação do átomo com o órgão dos sentidos; inventaremos um ajuste geométrico entre os poros do órgão e a forma do átomo para explicar o doce, o amargo. Mas, às vezes, a atribuição de qualidade sensível ao átomo será mais direta; será rápido como uma metáfora ou uma sinonímia: assim, o átomo de frio terá picos para dar razão ao frio “pungente”; um átomo com asperidades será responsável por explicar a nitidez de um sabor.¹²⁰

Em *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, Bachelard volta a ressaltar que a orientação realista tende a mostrar um “ponto particular no espaço onde indica a presença de uma coisa”.¹²¹ Em consequência, como expressado em *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*: “os átomos eram então concebidos como pequenos sólidos, como pequenas coisas. O atomismo era a doutrina, por excelência, das coisinhas”.¹²²

Entretanto, é importante esclarecer que, apesar da influência do realismo no atomismo, o átomo, na era pré-quântica, não passava de uma hipótese. O átomo não podia ser considerado como um objeto de conhecimento estabelecido. A reviravolta nas hipóteses atômicas só ocorreu com o advento da física contemporânea e o desenvolvimento do atomismo científico. A ruptura no conceito de átomo no século XX representa também uma descontinuidade na noção epistêmica de objeto do conhecimento. Esta ruptura suprimiu as duas especificidades fundamentais (substancialização e localização espacial euclidiana) dos objetos comuns. Nas palavras de Bachelard: “não estamos nunca certos em microfísica de experimentar um elemento isolado pelo simples fato de que não se tem nenhum meio de reconhecer o objeto isolado”.¹²³ A individualidade resultante da substancialização e, especialmente, da localização geométrica euclidiana aplica-se apenas aos objetos comuns. Os novos objetos não permitem uma análise

¹²⁰ "Dans leur individualité triomphante, les atomes seront amenés par exemple à expliquer directement les saveurs, les odeurs, les couleurs. Souvent cependant, la philosophie atomistique aura un scrupule. On envisagera alors la propriété sensible comme une sorte de relation de l'atome à l'organe des sens ; on inventera un ajustement géométrique entre les pores de l'organe et la forme de l'atome pour expliquer le doux, le sucré, l'amer. Mais parfois l'attribution de la qualité sensible à l'atome sera plus directe ; elle sera rapide comme une métaphore ou une synonymie : ainsi l'atome de froid aura des pointes pour rendre raison du froid « piquante » ; un atome pourvu d'aspérités sera chargé d'expliquer l'âpreté d'une saveur" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 50).

¹²¹ "un point particulier de l'espace où il vous annoncera la présence d'une chose" (BACHELARD, 1937 [1937], p. 6).

¹²² "Les atomes étaient alors conçus comme des petits solides, comme des petites choses. L'atomisme était la doctrine, par excellence, des chosettes" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 82).

¹²³ "On n'est jamais sûr en microphysique d'expérimenter sur *un* élément isolé par le fait même qu'on n'a nul moyen de reconnaître l'objet isolé" (BACHELARD, 1937 [1937], p. 32).

espacial estática em função do *princípio de indeterminação* de Heisenberg. Citemos *La philosophie du non*:

O princípio de Heisenberg (...) equivale a proibir a separação das qualidades espaciais e das qualidades dinâmicas na determinação do micro-objeto. De acordo com este princípio, o microobjeto então se apresenta como um objeto bi-especificado. Correlativamente, a meditação de tal bi-especificação nos faz entender que o objeto que se localiza estaticamente na intuição ordinária é mal especificado, ou pelo menos que seria mal especificado se quiséssemos estabelecer conhecimento de segunda aproximação. Em outras palavras, sua especificação totalmente local é uma mutilação da bi-especificação doravante indispensável para organizar a microfísica. Portanto, por um paradoxo que pode sem dúvida parar um instante o espírito filosófico clássico, mas cujos termos devem, no entanto, ser aceitos: é o objeto bi-especificado da microfísica que se apresenta como mais geral do que o objeto mono-específico do senso comum. Em outras palavras, *o espaço da intuição ordinária onde os objetos são encontrados é apenas uma degeneração do espaço funcional onde os fenômenos se produzem*. Ora, a ciência contemporânea quer conhecer fenômenos e não coisas. Ela não é, de forma alguma, coisista. A coisa é apenas um fenômeno parado. Estamos então diante de uma inversão de complexidade: é preciso conceber essencialmente os objetos em movimento e procurar em que condições eles podem ser considerados como em repouso, como fixos no espaço intuitivo; não devemos mais, como no passado, conceber os objetos naturalmente em repouso - como eram as coisas - e procurar em quais condições eles podem se mover.¹²⁴

As primeiras páginas do artigo “Noumène et microphysique” são esclarecedoras quanto à noção de ruptura acerca dos modos tradicionais de conhecer o real. Segundo Bachelard (1970 [1970], p. 12), nossos hábitos intelectuais são insuficientes quando pretendemos interpretar os fenômenos atômicos. Estes são ambíguos e não designam as coisas do real ordinário. Não é mais a *coisa* que instrui a pesquisa em mecânica quântica, na medida em que suas propriedades substanciais e espaciais comuns não designam os corpúsculos quânticos. O filósofo explica de que forma os novos objetos do conhecimento seguidos de novos métodos causaram uma reviravolta epistemológica.

A substância do infinitamente pequeno é contemporânea da relação. Se o real se desindividualiza fisicamente indo para essas regiões profundas da física infinitesimal, o cientista dará mais importância à organização racional de suas experiências à medida que aumentará sua precisão. Uma medida precisa é sempre uma medida complexa; é,

¹²⁴ "le principe de Heisenberg (...) revient à interdire la séparation des qualités spatiales et des qualités dynamiques dans la détermination du micro-objet. D'accord avec ce principe, le micro-objet se présente alors comme un objet bispécifié. Corrélativement, la méditation d'une telle bispécification nous fait comprendre que l'objet qu'on localise statiquement dans l'intuition ordinaire est mal spécifié, ou du moins qu'il serait mal spécifié si l'on voulait en établir une connaissance de deuxième approximation. Autrement dit encore, sa spécification toute locale est une mutilation de la bispécification désormais indispensable pour organiser la microphysique. Dès lors, par un paradoxe qui peut sans doute arrêter un instant l'esprit philosophique classique mais dont il faut cependant accepter les termes : c'est l'objet bispécifié de la microphysique qui se présente comme plus général que l'objet monospécifié du sens commun. Autrement dit, *l'espace de l'intuition ordinaire où se trouvent les objets n'est qu'une dégénérescence de l'espace fonctionnel où les phénomènes se produisent*. Or, la science contemporaine veut connaître des phénomènes et non pas des choses. Elle n'est nullement chosiste. La chose n'est qu'un phénomène arrêté. On se trouve alors devant une inversion de complexité : il faut concevoir essentiellement les objets en mouvement et chercher dans quelles conditions ils peuvent être considérés comme au repos, comme figés dans l'espace intuitif ; il ne faut plus, comme jadis, concevoir les objets naturellement au repos — comme étaient les choses — et chercher dans quelles conditions ils peuvent se mouvoir" (BACHELARD, 1983[1940], p. 109-110).

portanto, uma experiência organizada racionalmente. Daí uma segunda revolução na epistemologia contemporânea. Devemos enfatizar sua importância filosófica. Parece-nos, de fato, que a construção matemática das hipóteses atômicas contradiz a teoria que atribui a essas hipóteses um papel apagado e provisório. Tomávamos no século XIX as hipóteses científicas como organizações esquemáticas ou mesmo pedagógicas. Gostávamos de repetir que eram simples meios de expressão. A ciência, acreditávamos, era real por seus *objetos*, hipotética pelas *ligações* estabelecidas entre os objetos. Na menor contradição, na menor dificuldade experimental, abandonamos essas hipóteses de ligação que acusamos de convencionais, como se uma convenção científica não tivesse outro meio de ser objetivo que além do caráter racional! (...) Agora são os objetos que são representados por metáforas, é a organização deles que faz a realidade aparecer. Em outras palavras, o que é hipotético agora é o *nosso* fenômeno; porque nossa aderência imediata à realidade só funciona como um dado confuso, provisório e convencional, e essa aderência fenomenológica exige inventário e classificação. Por outro lado, é a reflexão que dará sentido ao fenômeno inicial, sugerindo uma série orgânica de pesquisa, uma perspectiva racional de experiências.¹²⁵

Antes de analisarmos de que modo ocorre a construção dos objetos quânticos, mediante a síntese entre atividade racional e técnica, vamos explorar como esses objetos diferem fundamentalmente dos objetos comuns.

Apresentaremos a seguir de forma resumida as seis teses do objeto quântico discutidas na obra supracitada. Com essas teses, o objetivo do filósofo é “*reduzir a noção de corpúsculo à sua novidade e inserir essa noção de corpúsculo em seu exato contexto axiomático*”.¹²⁶ Mas enquanto busca, por um lado, ele incorre em uma imprecisão terminológica. Bachelard busca demonstrar a ruptura entre física quântica e física clássica, que consiste inclusive em uma descontinuidade conceitual e semântica. No entanto, ele faz uso de um termo cuja significação remete à ciência clássica e a uma metafísica realista, temas constantemente criticados em seu pensamento. Em vez de usar o termo *corpúsculo*, Bachelard poderia ter empregado termos similares e mais atuais, já aplicados em sua época, tais como os de *partícula elementar*, *objeto quântico* ou mesmo *corpúsculo quântico*.

¹²⁵ "Si le réel se désindividualise physiquement en allant vers ces régions profondes de la physique infinitésimale, le savant va donner plus d'importance à l'organisation rationnelle de ses expériences au fur et à mesure qu'il en fera croître la précision. Une mesure précise est toujours une mesure complexe ; c'est donc une expérience organisée rationnellement. D'où un deuxième bouleversement dans l'épistémologie contemporaine. Nous devons en souligner l'importance philosophique. Il nous semble, en effet, que la construction mathématique des hypothèses atomiques vient contredire la théorie qui attribuait à ces hypothèses un rôle effacé et provisoire. On prenait au XIX^e siècle les hypothèses scientifiques comme des organisations schématiques ou même pédagogiques. On aimait à répéter qu'elles étaient de simples moyens d'expression. La science, croyait-on, était réelle par ses *objets*, hypothétique par les *liaisons* établies entre les objets. À la moindre contradiction, à la moindre difficulté expérimentale, on abandonnait ces hypothèses de liaison que l'on taxait de conventionnelles, comme si une convention scientifique avait d'autre moyen d'être objective que le caractère rationnel ! (...) Ce sont maintenant les objets qui sont représentés par des métaphores, c'est leur organisation qui fait figure de réalité. Autrement dit, ce qui est hypothétique maintenant, c'est *notre* phénomène ; car notre prise immédiate sur le réel ne joue que comme une donnée confuse, provisoire, conventionnelle, et cette prise phénoménologique réclame inventaire et classement. Par contre, c'est la réflexion qui donnera un sens au phénomène initial en suggérant une *suite organique* de recherches, une perspective rationnelle d'expériences" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 13-14).

¹²⁶ "réduire la notion de corpuscule à sa nouveauté et pour insérer cette notion de corpuscule dans son exact contexte axiomatique" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 75).

A *primeira* tese é assim formulada:

(T1) “*o corpúsculo não é um corpo pequeno. O corpúsculo não é um fragmento de substância. Ele não possui qualidades propriamente substanciais*”.¹²⁷

Como são elementos *construídos* em uma organização racional e experimental, eles possuem um “*novo estatuto ontológico*”. Bachelard (1965 [1951]) explica que se trata de um equívoco pensar que o *elétron* é um corpo carregado de eletricidade negativa. Para ele, o sentido do termo “carregar” deve ser empregado com cautela, uma vez que se encontra ligado a uma visão substancial e material da física clássica cuja base é o real comum. Segundo Bachelard (1970 [1970], 1965 [1951]), o estatuto ontológico dos objetos quânticos vai contra toda perspectiva substancialista dos objetos sensíveis. As propriedades substanciais concernem apenas aos objetos macroscópicos.

A *segunda* tese é a seguinte:

(T2) “*o corpúsculo não possui dimensões absolutas atribuíveis; atribuímos apenas uma ordem de grandeza. Essa ordem de grandeza determina mais uma zona de influência que uma zona de existência*”.¹²⁸

Esse objeto “existe” apenas em *espaços abstratos* e conceituais. Isso quer dizer que os objetos quânticos, na medida em que não possuem dimensões assinaláveis, rompem inteiramente com a visão clássica de impenetrabilidade da matéria. Isso significa que, na mecânica quântica, não é possível determinar com precisão o tamanho de uma partícula.

A *terceira* tese, que se correlaciona com a segunda, é assim expressa:

(T3) “*se o corpúsculo não tem dimensões atribuíveis, ele não possui forma atribuível. Em outras palavras, o elemento não possui geometria*”.¹²⁹

Isso significa uma grande novidade filosófica. Se por um lado, alguns desses objetos exigem na composição uma existência virtual que implica atributos geométricos, por outro, essa virtualidade não pode ser interpretada mediante uma ótica realista, mas por uma “visão do espírito”. Então, os corpúsculos quânticos são objetos que não apresentam uma forma precisa, o que leva à quarta tese.

A *quarta* tese é apresentada pelo filósofo francês como se segue:

¹²⁷ "Le corpuscule n'est pas un petit corps. Le corpuscule n'est pas un fragment de substance. Il n'a pas de qualités proprement substantielles" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 76).

¹²⁸ "Le corpuscule n'a pas de dimensions absolues assignables ; on ne lui assigne qu'un ordre de grandeur. Cet ordre de grandeur détermine plutôt une zone d'influence qu'une zone d'existence" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 77).

¹²⁹ "si le corpuscule n'a pas de dimensions assignables, il n'a pas de forme assignable. Autrement dit, l'élément n'a pas de géométrie" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 78-79).

(T4) “uma vez que não podemos atribuir uma forma determinada ao corpúsculo, não podemos também lhe atribuir um local muito preciso”.¹³⁰

E logo em seguida o autor pergunta: “Atribuir-lhe um lugar preciso não seria, com efeito, atribuir-lhe negativamente do exterior uma forma?”¹³¹ O *princípio de incerteza* de Heisenberg informa que não podemos determinar simultaneamente a localização espacial exata nem a quantidade de movimento de um objeto quântico. Portanto, em mecânica quântica, é incorreta a ideia segundo a qual podemos conceber um objeto situado existencialmente, isto é, como um elemento em repouso no espaço constituído por uma forma definida.

A *quinta* tese diz respeito à perda da individualidade dos objetos do conhecimento.

(T5) “em várias circunstâncias, a microfísica apresenta, como um real princípio, a perda da individualidade de um corpúsculo”.¹³²

As condições numéricas de dois objetos quânticos individualizados que passam por uma determinada região suficientemente estreita não poderão ser mantidas. As circunstâncias que oferecem os meios de diferenciar as individualidades dos elementos são perdidas na experiência técnica.

A *sexta* e última tese vai contra toda a história das investigações acerca da matéria e, com isso, contra o princípio fundamental das doutrinas atomistas e da ciência clássica. Bachelard a expressa do seguinte modo:

(T6) em mecânica quântica, é possível constatar experimentalmente que “o *corpúsculo* possa se aniquilar”.¹³³

Assim, ele explica que o átomo perde a função de permanência da substância a qual, teoricamente, deveria fazê-lo resistir a qualquer tipo de mudança interior. Isso contraria todas as teses substancialistas, como também, como iremos discutir, o princípio transcendental kantiano da permanência da substância. Os objetos quânticos são “fenômenos” de criação e aniquilação. Esse novo estatuto ontológico não pode ser indiferente à filosofia. Em suas palavras: “Ao nível da filosofia corpuscular contemporânea, a dialética ser-devir põe problemas

¹³⁰ "puisque'on ne peut attribuer une forme déterminée au corpuscule, on ne peut pas davantage lui attribuer une place très précise" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 79).

¹³¹ "Lui attribuer une place précise ne serait-ce pas en effet lui attribuer, de l'extérieur, en quelque manière négativement une *forme* ?"

¹³² "dans plusieurs circonstances, la microphysique pose, comme un véritable principe, la perte d'individualité d'un corpuscule" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 81).

¹³³ "le corpuscule puisse s'annihiler" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 82).

inteiramente novos. Vemos se unir a uma ontologia dos corpúsculos uma ontologia da transformação corpuscular”.¹³⁴

A nova ontologia dos objetos do saber implica uma ruptura nas noções epistemológicas clássicas de *coisa*, *choque* e *dado*. Na teoria atomística contemporânea, elas devem ser tomadas como *ideias-obstáculos*.

A noção de *coisa*, como corpo pequeno, não tem significação adequada no domínio da mecânica quântica, na medida em que essa ciência se apresenta desvinculada dos caracteres sensíveis da experiência comum e tem como base o pensamento matemático como construtor do real. Como os objetos quânticos não podem ser pensados mediante um empirismo simples, eles devem ser interpretados como *chose non-chose*,¹³⁵ ou seja, como elementos que são reais, ainda que não possuam as mesmas propriedades dos objetos empíricos. Eles são reais na medida em que permitem o entendimento da realidade sob um aspecto mais complexo e profundo (Bachelard, 1970 [1970], 1965 [1951]).

A noção de *choque* se revela como um problema epistemológico em mecânica quântica na medida em que esse conceito realiza uma síntese entre noções geométricas euclidianas e concepções materialistas. Segundo Bachelard, o emprego de tal noção implica no problema da causalidade na mecânica quântica. “O choque realmente dá a lição ingênua de causalidade”.¹³⁶ Se os corpúsculos quânticos fogem à regra dos fenômenos de *choque*, então não é possível obter ideias claras nas relações causais. O termo *choque* quando empregado na nova atomística impõe a consciência de que não se trata de um *contato* entre dois corpos. Esse termo exige, contemporaneamente, a significação de *interação*.

Similarmente aos conceitos anteriores, Bachelard (1965 [1951]) explica que a noção de *dado*, tradicionalmente ligada à filosofia moderna e ao senso comum, tornou-se inadequada para uma filosofia da mecânica quântica. Essa noção é inconciliável com os valores dos resultados experimentais dessa ciência. O filósofo ainda explica que, como os objetos quânticos são elementos construídos, e não descobertos na natureza, também não poderíamos designá-los como *dados ocultos*.

¹³⁴ "au niveau de la philosophie corpusculaire contemporaine, la dialectique être-devenir pose de tout nouveaux problèmes. On voit s'unir à une ontologie des corpuscules une ontologie de la transformation corpusculaire" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 82).

¹³⁵ "Il suffit de considérer tous les « objets » de la microphysique, tous les nouveaux venus que la physique désigne par la terminaison -on — disons tous les -ons — pour comprendre ce qu'est une chose non-chose, une chose qui se singularise par des propriétés qui ne sont jamais les propriétés des choses communes" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 84).

¹³⁶ "Le choc donne vraiment la leçon naïve de la causalité" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 86).

É inegável que a mecânica quântica instaurou uma ruptura no objeto do conhecimento. Os objetos quânticos apresentaram características inéditas que romperam com a localização espacial euclidiana e a permanência da substância como especificidades dos objetos comuns. A razão pela qual foi possível conhecer as particularidades dos novos objetos se deve ao fato de que o mundo do átomo é *construído* mediante hipóteses que se verificam em experimentos técnicos.

1.6 *Atomismo axiomático ou mecânica quântica*

Christoph Lüthy (2012, p. 155), ao analisar a obra *Les intuitions atomistiques*, destaca as mudanças nas bases conceituais do atomismo nas reflexões sobre a natureza dos átomos, evidenciando a adoção de diferentes fundamentos metafísicos ao longo da história do pensamento. A mecânica quântica, no século XX, provocou alterações significativas nas doutrinas atomísticas anteriores, trazendo uma compreensão inédita dos fenômenos atômicos. O autor ressalta que essa obra, apesar de sua importância, recebeu pouca atenção por parte dos estudiosos da epistemologia bachelardiana. Ela não apenas permaneceu não traduzida para outras línguas, mas também só foi reimpressa em 1975. A explicação para essa relativa falta de repercussão entre os historiadores da ciência e da filosofia é oferecida pelo autor da seguinte maneira:

Pode ser o fato de ter sido escrito no final exausto de um longo e fascinante período de publicações controversas sobre a verdade e a legitimidade do atomismo. Esse período havia começado um século antes e envolvia filósofos, químicos e físicos. Na década de 1930, quando Bachelard escreveu seu ensaio, a filosofia da ciência havia se voltado para outras questões, como as implicações da teoria da relatividade para categorias como tempo e espaço, e as questões sobre determinismo e causalidade que foram desencadeadas pela interpretação de Copenhague da física quântica (LÜTHY (2012, p. 155).¹³⁷

Lüthy (2012, p. 167) explica que as discussões acerca do atomismo no século XIX foram marcadas por profundas polêmicas. Após 1900, uma reviravolta significativa ocorreu com a formulação do modelo atômico de Bohr, cujas propriedades transcendem as concepções até então estabelecidas em sua história. No início do século XX, teria ocorrido um “segundo nascimento do atomismo” mediante as ideias apresentadas por físicos e químicos que

¹³⁷ "Might be that it was written at the exhausted end of a long and fascinating period of controversial publications over the truth and legitimacy of atomism. This period had initiated a century earlier and had involved philosophers, chemists and physicists. By the 1930s, when Bachelard wrote his essay, the philosophy of science had turned to other issues, such as the implications of relativity theory for categories such as time and space, and the questions of regarding determinism and causality that were triggered by the Copenhagen interpretation of quantum physics".

constituíram uma ruptura decisiva nas discussões anteriores acerca dos átomos. Essas concepções não apenas provaram o “triumfo final do átomo” como uma unidade quantitativa, mas também romperam com a concepção clássica a respeito de sua indivisibilidade. A partir de então o átomo passou a ser concebido como um elemento formado por um núcleo e certa quantidade de elétrons, verificados experimentalmente.

Segundo Lüthy (2012, p. 158), “poucos autores antes de Bachelard estavam dispostos a reconhecer que a palavra “átomo” e o nome da escola “atomismo” se referiam a um conjunto muito heterogêneo de ideias”.¹³⁸ Um deles foi Brunschvicg, filósofo com quem Bachelard estabeleceu muitas interlocuções, que apontava já contradições nas ideias atomistas dos gregos antigos.

Segundo Bachelard (1975 [1933]), Brunschvicg já indicava diferenças profundas entre as filosofias de Demócrito e Lucrécio acerca da hipótese atômica. Trata-se de “duas grandes doutrinas, reunidas sob o mesmo signo, mas com aspirações e destinos diferentes que seguem juntas até as eras científicas”.¹³⁹ A filosofia do atomismo era um corpo de intuições confusas, cujas raízes podem ser encontradas desde a antiguidade. O filósofo francês ainda afirma que o seu ensaio de 1933 é uma tentativa de ordenação e classificação racional face à diversidade de doutrinas conflitantes.¹⁴⁰

Entretanto, Lüthy (2012, p. 165-166) considera que esse projeto de classificação proposto por Bachelard, apesar de legítimo, não é eficiente para abarcar a complexidade da história do atomismo, tanto do ponto de vista da filosofia quanto da ciência. Ele explica que a diversidade de concepções acerca dos átomos na história se revela tão complexa e confusa que as classificações de Bachelard, a saber, *atomismo realista*, *atomismo positivista*, *atomismo criticista* e *atomismo axiomático*, são insuficientes para obtermos um claro entendimento da “bagunça histórica” que o atomismo oferece.

Certamente, seria admissível buscar, em cada um desses casos, o componente realista, positivista, criticista ou axiomático. No entanto, na maioria dos casos, não se encontrará apenas uma mistura inextricável desses tipos básicos de intuições, mas também vetores argumentativos que não podem ser ajustados a nenhuma caixa da matriz de Bachelard. A classe de entidades atômicas de David Gorlaeus (*entia per se*), por exemplo, compreende átomos físicos extensos de matéria, espaço e tempo, assim como almas, anjos e Deus. Dado esse conjunto extraordinário de entidades, sua prova

¹³⁸ "Few authors before Bachelard had been willing to recognize that the word 'atom' and the school name 'atomism' referred to a very heterogeneous bag of ideas".

¹³⁹ "deux grandes doctrines, réunies sous le même signe, mais d'aspirations et de destins divers, vont de conserve jusqu'aux âges scientifiques" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 1-2).

¹⁴⁰ Cf. BACHELARD (1975 [1933], p. 11-12).

da existência de átomos deve evidentemente desafiar as quatro categorias que Bachelard tem reservado para nós.¹⁴¹

No entanto, Lüthy (2012), em sua crítica, desconsidera que Bachelard reconhece as limitações de seu ensaio. O filósofo francês considera seu trabalho apenas como uma contribuição inicial para os estudiosos da filosofia do atomismo, isto é, como um ponto de partida para um engajamento em estudos mais profundos acerca da história das doutrinas atomistas. Bachelard (1975 [1933]) escreve que sua proposta é oferecer classificações provisórias acerca da diversidade de intuições e argumentos acerca dos átomos, e que com essas simples classificações os leitores (seus alunos) poderiam, “talvez”, de forma mais lúcida, analisar “os trabalhos inumeráveis dos filósofos do atomismo”. Ele prossegue afirmando que “é para esta tarefa simples, absolutamente preliminar, muito pedagógica, que nós gostaríamos de ter trabalhado de forma útil.”¹⁴²

Também merece destaque a crítica que Lüthy (2012) dirige a Bachelard pela afirmação de que a tentativa de classificação acerca da diversidade de intuições atomísticas na história, baseada no contraste entre duas *direções epistemológicas*¹⁴³ no atomismo grego, é simplificadora. Lüthy destaca a carência de informações confiáveis sobre as ideias de Demócrito, uma vez que a maioria de seus escritos se perdeu.¹⁴⁴ Ele questiona as considerações de Bachelard que posicionam a filosofia de Demócrito como um pensamento mais próximo da lógica, afastado das bases experimentais e, portanto, de teor idealista, em contraste com o pensamento filosófico de Lucrecio, que teria raízes experimentais e que seria, assim, mais próximo do realismo. Lüthy baseia sua crítica no seguinte texto de Bachelard:

É o pensamento de Demócrito que nos parece, enquanto o mais erudito, tomar menos elementos da realidade. Ele será sempre mais ou menos solidário de uma filosofia idealista. Ao contrário, é a doutrina de Lucrecio, menos severa e menos cuidadosa na

¹⁴¹ "Of course, it would be admissible to seek, in each of these instances, the realist, positivist, criticistic or axiomatic component. However, in most cases, one will not only find an inextricable mixture of these basic types of *intuitions*, but also argumentative vectors that cannot be fitted into any single box of Bachelard's matrix. David Gorlaeus' class of atomic entities (*entia per se*), for example, comprise physical, extended atoms of matter, space and time, as well as souls, angels and God. Given this extraordinary set of entities, his proof of the existence of atoms must evidently defy the four categories that Bachelard has in store for us".

¹⁴² "les œuvres innombrables des philosophes de l'atomisme. C'est à cette simple tâche, toute préliminaire, toute pédagogique, que nous voudrions avoir utilement travaillé" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 12-13).

¹⁴³ Cf. BACHELARD (1975 [1933], p. 5).

¹⁴⁴ Lüthy (2012) escreve: “dado que apenas rumores e relatos, mas nenhum corpo coerente de textos veio de Demócrito, é verdade que os primeiros seguidores modernos poderiam representar ele e seu pensamento da maneira que desejassem. O mesmo pode ser dito a fortiori da própria descrição de Demócrito de Bachelard como “idealista” e “positivista” (p. 164). “Given that only rumors and reports, but no coherent body of texts, had come down from Democritus, it is of course true that early modern followers could represent him and his thought in any way they wished. The same may a fortiori also be said of Bachelard's own description of Democritus as an ‘idealist’ and a ‘positivist’”.

escolha das suas bases, que nos parece mais próxima do fenômeno e, afinal, mais realista.¹⁴⁵

Segundo Lüthy (2012, p. 163), “Bachelard opõe Lucrecio a Demócrito, atribuindo ao primeiro um espírito empírico e negando ao segundo qualquer influência genuína acerca do renascimento atomístico dos séculos XVI e XVII”.¹⁴⁶ Além disso, devemos concordar com o autor quando afirma que, de um lado, Bachelard reconhece a importância de Lucrecio na formulação do atomismo moderno, mas, por outro, pouco enfatiza as contribuições de Epicuro. Ele ainda questiona com razão quando observa que “Pierre Gassendi, uma figura crucial no início do atomismo moderno, dedicou os melhores anos de sua vida à reabilitação de Epicuro, nos perguntamos como essa omissão foi possível”.¹⁴⁷

Ainda que a crítica de Lüthy (2012) sobre as classificações bachelardianas seja relevante, não podemos descartar o valor pedagógico que elas representam. As classificações de Bachelard demonstram como as diversas doutrinas atomísticas podem se fundamentar em bases metafísicas distintas. É verdade, por um lado, que o atomismo, antes de 1900, ao se configurar como um corpo de doutrinas dispersas, heterogêneas e complexas, colocaria as classificações oferecidas por Bachelard em situação de difícil aplicação para um melhor e mais adequado entendimento da história do atomismo. Por outro lado, também é verdade não ser evidente a simplicidade de suas classificações, sobretudo se pensadas em relação à categoria de *atomismo axiomático*, a qual busca esclarecer a natureza dos objetos quânticos como ruptura epistemológica.

O capítulo “L’atomisme axiomatique”, conforme descreve Bachelard, contribui de maneira clara para entendermos a natureza da mecânica quântica como um campo do saber sem precedentes na história complexa do atomismo que tornou o conceito de átomo uma noção experimental. Nossa divergência com Lüthy (2012) pode ser embasada na seguinte passagem de *Les intuitions atomistiques*:

se nosso trabalho como um todo deveria ter um significado para um estudo dos princípios da ciência contemporânea, ele precisaria ser visto como uma tarefa de catarse. É conhecendo de maneira discursiva e detalhada as intuições metafísicas tradicionais que se poderá parar mais facilmente a ação exagerada dessas intuições em um domínio onde elas só podem ser metáforas. Em face do infinitamente pequeno

¹⁴⁵ "C'est la pensée de Démocrite qui nous paraît, tout en étant la plus savante, emprunter le moins d'éléments à la réalité. Elle sera toujours plus ou moins solidaire d'une philosophie idéaliste. Au contraire, c'est la doctrine de Lucrèce, moins sévère et moins soigneuse dans le choix de ses bases, qui nous paraît plus proche du phénomène et finalement plus réaliste" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 9).

¹⁴⁶ "Bachelard goes on to oppose Lucretius to Democritus, attributing to the former an empirical spirit, and denying to the latter any genuine influence on the atomistic renaissance of sixteenth and seventeenth centuries".

¹⁴⁷ "Pierre Gassendi, a crucial figure in early modern atomism, devoted the best years of his life to the rehabilitation of Epicurus, one wonders how such an omission was possible".

da matéria, estamos na presença de uma ruptura em nossa experiência; para examiná-la, é preciso tornar a razão totalmente disponível.¹⁴⁸

Portanto, consideramos que as classificações bachelardianas são relevantes para entender de que modo a mecânica quântica é um caso paradigmático de ruptura epistemológica. Elas permitem qualificar diversas conceituações acerca do átomo com suas diferenciadas bases metafísicas em épocas distintas em contraposição ao atomismo contemporâneo.

Concordamos com Lecourt (2002, p. 92-94) quando ele explica que apesar de *Les intuitions atomistiques* e *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* apresentarem projetos diferentes, essas duas obras se complementam. Se a primeira é direcionada para a compreensão da filosofia atomística e a segunda para demonstrar a atividade essencial da nova física, em ambas fica evidente que é preciso romper com as filosofias do atomismo e ascender ao *atomismo axiomático*, isto é, à mecânica quântica. É interessante precisar junto a Lecourt (2002, p. 99) que o termo *axiomático* desaparece na obra de 1951, mas o seu significado permanece. Em Bachelard, esse termo tem o sentido de *construção* dos objetos com base na informação racional e experimental.

Em *Les intuitions atomistiques*, a análise de Bachelard evidencia que *atomismo axiomático*, cuja concepção de átomo é tomada com base na revolução quântica, se opõe tanto ao *atomismo realista*, quanto aos atomismos *positivista* e *criticista*. O *atomismo axiomático*, tal como é apresentado nas *Intuitions*, nomeia a mecânica quântica na história do atomismo. Bachelard demonstra que esse atomismo concerne a uma ciência calcada na relação entre pensamento matemático e técnicas experimentais e que produz seus próprios objetos, os objetos quânticos, como elementos que possuem particularidades inteiramente novas, conforme destacamos anteriormente.

Nas primeiras décadas do século XX o atomismo deixou de ser um conjunto complexo de ideias metafísicas e se tornou um dos campos fundamentais da física contemporânea na explicação da realidade. Às concepções atomísticas do passado faltavam técnicas e métodos de aplicação. O atomismo contemporâneo substituiu hipóteses meramente especulativas por uma teoria fundamentada tanto matematicamente quanto por uma técnica experimental sofisticada.

¹⁴⁸ "si notre travail, dans son ensemble, devait avoir un sens pour une étude des principes de la science contemporaine, il faudrait y voir une tâche de catharsis. C'est en connaissant d'une manière discursive et détaillée les intuitions métaphysiques traditionnelles qu'on pourra arrêter plus facilement l'action exagérée, de ces intuitions dans un domaine où elles ne peuvent plus être que des métaphores. En face de l'infiniment petit de la matière, nous sommes en présence d'une rupture de notre expérience ; pour l'examiner, il faut rendre à la raison toute sa disponibilité" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 14).

“*A atomística [no século XX] se tornou precisamente uma técnica, que possui seus instrumentos, métodos e experiência própria*”.¹⁴⁹

Essa nova situação epistemológica da atomística ofereceu a base para a edificação de uma ciência *construtora* do real. Os objetos quânticos são construções racionais que se realizam em um experimento. Bachelard escreve que “uma boa hipótese em física [contemporânea] é necessariamente de ordem matemática. Deve ser fecunda em pensamentos como em experiências; ele se verifica pelos *efeitos*”.¹⁵⁰

Ainda em *Les intuitions atomistiques*, o filósofo francês explica de que modo as hipóteses acerca dos átomos servem de base para a construção teórica dos fenômenos atômicos ao colocar em evidência a função epistemológica do átomo: “a função epistemológica do átomo é de construir teoricamente o fenômeno. Estamos fundados, no pensamento, a tratar como elemento esse que funciona como *elemento em uma síntese*”.¹⁵¹

O átomo deixa de ser um símbolo de uma coisa material minúscula, de um corpo diminuto, e passa a representar uma definição teórica que permite a criação de um elemento *na relação* com a experiência. É por essa razão que a ruptura instaurada pela mecânica quântica provocou uma *inversão epistemológica* no interior da física, na medida em que instituiu o pensamento algébrico como fundamento das hipóteses atômicas. Na nova mecânica, já não se trata de uma observação das *coisas* do mundo imediato para alcançar o pensamento matemático, como operava a ciência moderna. A nova física não tem como ponto de partida o real comum, mas o pensamento racional que constrói um mundo inteiramente novo (Bachelard, 1999 [1934], 1965 [1951]). Ele se caracteriza pela realidade mesma dos objetos quânticos, a partir dos quais tonou-se evidente a ruptura com o conceito milenar da indivisibilidade do átomo.

Segundo Bachelard (1975 [1933], p. 135), a base axiomática da mecânica quântica prova seus valores nas ideias matemáticas e nos resultados experimentais. Isso quer dizer que a razão e a experiência técnica são postas em correspondência mútua. Assim, a experiência, determinada pelos instrumentos técnicos de medição, e, portanto, não a experiência geral e comum da nossa percepção, se apresenta ligada a uma teoria matemática. Há, como afirma Bachelard, “uma solidariedade inegável que reúne, na ciência contemporânea, pensamento e

¹⁴⁹ "l'atomistique est précisément devenue une technique, qu'elle a ses instruments, ses méthodes, son expérience propre" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 142).

¹⁵⁰ "une bonne hypothèse de physique est nécessairement d'ordre mathématique. Elle doit être féconde en pensées comme en expériences ; elle se vérifie par des *effets*" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 21).

¹⁵¹ "La fonction épistémologique de l'atome, c'est de construire théoriquement le phénomène. On est fondé, en pensée, à traiter comme élément ce qui fonctionne comme élément dans une synthèse" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 137).

experiência ao ponto que não saberíamos dizer se o plano do átomo é um mapa ou um projeto, se ele sucede de uma ciência descritiva ou de uma técnica”.¹⁵²

O que é possível observar nas considerações supracitadas é o conceito bachelardiano de *fenomenotécnica*, o qual procura descrever a atividade construtiva dos objetos da nova física mediante uma relação *abstrato-concreta*. No próximo capítulo, analisaremos esse conceito como cerne do racionalismo bachelardiano, o racionalismo aplicado. Por ora, é importante apenas reter que a mecânica quântica ou, conforme escreve o filósofo na obra de 1933, o *atomismo axiomático*, instaura uma ruptura na história do atomismo ao se estruturar em dois eixos, a saber, o das hipóteses atômicas que passam a ser pensadas matematicamente e o da introdução de instrumentos técnicos como condições necessárias de verificação dessas hipóteses.

¹⁵² "Une solidarité indéniable réunit, dans la science contemporaine, pensée et expérience au point qu'on ne saurait dire si le plan de l'atome est une carte ou un projet, s'il relève d'une science descriptive ou d'une technique" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 136).

CAPÍTULO II – O RACIONALISMO APLICADO

2.1 Crítica às “filosofias tradicionais”

Bachelard faz uso do termo “filosofias tradicionais”¹⁵³ para se referir de forma crítica aos sistemas filosóficos clássicos que não dispõem de categorias satisfatórias para pensar a física contemporânea. Concordamos com Lecourt (1974, p. 37) que o termo “filosofias tradicionais”, por ele empregado, é bastante genérico. No entanto, veremos que essa crítica geral pode ser efetivamente direcionada à filosofia kantiana do conhecimento. Ademais, é mediante esse termo que podemos entender a distinção bachelardiana entre *filosofia adequada* e *filosofia inadequada* às novas ciências. Bachelard propõe uma “nova filosofia” para o novo espírito científico, mas não sem antes considerar o problema da inadequação das filosofias clássicas face à física contemporânea.

Um *primeiro aspecto* da crítica às “filosofias tradicionais” consiste no fato de que elas compartilham a ideia de uma razão imutável e absoluta. Ideia que foi contrariada pelo advento das novas geometrias e das mecânicas contemporâneas que introduziram variações na razão ao apresentarem novos conceitos. Bachelard escreve que “a doutrina tradicional de uma razão absoluta e imutável é apenas uma filosofia. É uma filosofia obsoleta”.¹⁵⁴ Essa citação sintetiza o fundamento geral, que será objeto de sua crítica, sobre o qual se apoiam as filosofias clássicas.

Segundo Lecourt (1974, p. 25), os termos identidade, imutabilidade e soberania da razão são expressões empregadas por Bachelard a fim de caracterizar as filosofias do passado. O objetivo é renunciar a concepção clássica de razão, considerada uma “concepção “fixista”, “imobilista” e “preguiçosa” do pensamento”.¹⁵⁵ Portanto, uma “razão fechada” e invariável que não pode acompanhar as novidades de um saber científico em constante desenvolvimento. Isso exige uma “filosofia inédita” (LECOURT, 1974, p. 46), um “novo racionalismo” (BULCÃO, 2009, p. 31).

Bachelard elabora uma crítica não só às “filosofias tradicionais”, mas também a estende a filosofias de sua própria época. As ideias de Meyerson são um alvo constante de suas críticas, conforme destaca Lecourt (2002, p. 38).¹⁵⁶ Bachelard, ao considerar o advento da mecânica

¹⁵³ Cf. BACHELARD (1965 [1951], p. 23; 49, 2018, p. 201).

¹⁵⁴ "la doctrine traditionnelle d'une raison absolue et immuable n'est qu'une philosophie. C'est une philosophie périmée" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 145).

¹⁵⁵ "conception “fixiste”, “immobiliste”, “paresseuse” de la pensée".

¹⁵⁶ Segundo Lecourt (2002, p. 38), o capítulo “Rectification et réalité” da obra *Essai sur la connaissance approchée* (1927) faz oposição à obra meyerssoniana *Identité et Réalité* (1907). Ele destaca também que a obra *La valeur inductive de la relativité* (1929) se trata de uma resposta à obra meyerssoniana *La déduction relativiste* (1925) na qual o filósofo procura deduzir os princípios da teoria da relatividade da física newtoniana. Lecourt (2002, p. 38)

quântica como um movimento de reforma da razão que rompe não apenas com a mecânica clássica, mas também com a mecânica relativística, questiona se uma razão geral e imóvel poderia se ocupar com todos esses pensamentos cuja história revela diferenças tão nítidas. Em suas palavras: “será que uma razão geral e imutável será capaz de assimilar todos esses pensamentos incríveis? Será capaz de colocá-los não apenas em ordem, mas sob sua ordem? Esta é sem dúvida a profunda esperança de Meyerson”.¹⁵⁷

Lecourt (2002, p. 36-37) explica que Meyerson defendia a ideia de um “cânone eterno do intelecto humano” que regularia não apenas o conhecimento científico, mas também o senso comum, contendo uma concepção de espírito científico estático rejeitada por Bachelard. É o que podemos ler, por exemplo, na seguinte passagem de *Le rationalisme appliqué*: “Não é talvez um acidente de doutrina que tenha conduzido Meyerson a uma *concepção estática* da psicologia do espírito científico”.¹⁵⁸ A essência da epistemologia de Meyerson, explica Lecourt (2002), reside na ideia de que no intelecto humano existiriam princípios que são verdadeiros *absolutos da razão*. Bachelard, ao se opor a essa concepção, declara o fim desses absolutos ao considerar que as diversas reorganizações racionais nas ciências do século XX são rupturas epistemológicas. Na perspectiva bachelardiana, a consequência do ponto de vista do autor de *Identité et réalité* é a de não reconhecer o caráter inédito das novas mecânicas, das peculiaridades que devem ilustrar um novo espírito científico, devido a uma leitura continuísta e cumulativa do movimento do saber.

A prova de que a razão é mutável e, com isso, a necessidade de renunciar à sua concepção clássica deve ser encontrada na dinâmica mesma dos conceitos científicos. A nova física causou um “tremor conceitual” sobre as noções fundamentais da física clássica ao apresentar ideias mais complexas pelas quais se pôde olhar o mundo de outra forma (Bachelard, 1972 [1972], p. 27, 1999 [1934], p. 177). Esse “tremor conceitual” revelou que o conhecimento possui uma história na qual é possível destacar discontinuidades conceituais, as quais são evidências de que os princípios da razão não podem ser considerados como eternos. As discontinuidades ocorrem devido a um processo retificador das noções que ampliam os quadros do saber científico em grau de complexidade.

escreve que frequentemente nas obras bachelardianas as oposições do filósofo são fixadas em frases ou expressões que são retomadas em diversos contextos argumentativos. Entretanto, Lecourt (2002) desconhece em sua análise que é na obra *Le nouvel esprit scientifique* (1934) que a oposição bachelardiana às ideias de Meyerson acerca dos absolutos da razão se tornam mais evidentes.

¹⁵⁷ "Est-ce qu'une raison générale et immuable arrivera à assimiler toutes ces pensées étonnantes ? Pourra-t-elle les mettre non seulement en ordre, mais sous son ordre ? C'est là sans doute l'espérance profonde de M. Meyerson" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 179-180).

¹⁵⁸ "Ce n'est peut-être pas un accident de doctrine qui a entraîné chez Meyerson une *conception statique* de la psychologie de l'esprit scientifique" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 9).

O espírito tem uma estrutura variável a partir do momento em que o conhecimento tem uma história. De fato, a história humana pode muito bem, em suas paixões, em seus preconceitos, em tudo o que está sob os impulsos imediatos, ser um eterno recomeço, mas há pensamentos que não recomeçam, são pensamentos que foram retificados, ampliados, completados. Eles não retornam à sua área restrita ou hesitante. O espírito científico é essencialmente uma retificação do conhecimento, uma ampliação das estruturas do conhecimento. Ele julga seu passado histórico, condenando-o.¹⁵⁹

As retificações conceituais apresentadas pela física contemporânea exigiram a revisão dos fundamentos filosóficos da física clássica. Estes se apresentavam apenas em conformidade com a física newtoniana. O caso exemplar é o dos conceitos kantianos, que se revelaram pouco fecundos para a compreensão das novas noções introduzidas pelas mecânicas contemporâneas. Conseqüentemente, os conceitos e ideias filosóficas devem acompanhar a atualidade das noções científicas, a fim de se adequarem às suas novas significações. Segundo Bachelard, “a ciência instrui a razão. A razão deve obedecer à ciência, à ciência mais evoluída, à ciência em evolução”.¹⁶⁰

Em *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, ele explica que os objetos quânticos não podem ser interpretados pelo pensamento filosófico do passado e destaca a importância de uma atualização da filosofia face ao ineditismo desses elementos:

é preciso reconhecer que os corpúsculos [quânticos] são “humanos”. Eles apareceram em um ponto bem determinado da história das ciências. Eles são “do século XX”, com a rápida exceção do elétron precursor. Nenhuma história imaginária, nenhuma utopia filosófica poderia os destacar da época da maturidade das técnicas elétricas onde eles apareceram. É necessário pensar a filosofia corpuscular no tempo mesmo de sua aparição e se educar filosoficamente nas dialéticas mesmas de sua evolução.¹⁶¹

Portanto, o *segundo aspecto* da crítica às “filosofias tradicionais” concerne à inadequação conceitual dessas filosofias. Elas se apresentaram limitadas em suas categorias fundamentais para interpretar os fenômenos de escala microfísica. É por essa razão que uma filosofia adequada ao saber científico contemporâneo deve ir em direção à instauração de

¹⁵⁹ "L'esprit a une structure variable dès l'instant où la connaissance a une histoire. En effet, l'histoire humaine peut bien, dans ses passions, dans ses préjugés, dans tout ce qui relève des impulsions immédiates, être un éternel recommencement mais il y a des pensées qui ne recommencent pas ce sont les pensées qui ont été rectifiées, élargies, complétées. Elles ne retournent pas à leur aire restreinte ou chancelante. Or l'esprit scientifique est essentiellement une rectification du savoir, un élargissement des cadres de la connaissance. Il juge son passé historique en le condamnant" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 177).

¹⁶⁰ "la science instruit la raison. La raison doit obéir à la science, à la science la plus évoluée, à la science évolutive" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 144).

¹⁶¹ "il faut bien reconnaître que les corpuscules sont « humains ». Ils apparaissent à un point bien déterminé de l'histoire des sciences. Ils sont « très XXe siècle », à la légère exception de l'électron précurseur. Aucune histoire imaginaire, aucune utopie philosophique ne pourrait les détacher de l'époque de la maturité des techniques électriques ou ils sont apparus. Il faut penser la philosophie corpusculaire dans le temps même de son apparition et s'éduquer philosophiquement dans les dialectiques mêmes de son évolution" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 87).

conceitos que melhor se adequem à nova física. Essa “filosofia inédita”, como escreve Lecourt (1974, p. 161), deve realizar uma atualização das categorias das filosofias clássicas face às inovações das novas ciências. Em suas palavras:

[As “filosofias tradicionais”], tendo perdido o contato com o movimento da ciência que lhes deu vida, estão como fossilizadas: frias testemunhas de um passado concluído no presente de uma história dramática. Daí o diagnóstico bachelardiano: inadequação. Daí seu projeto de “constituir uma filosofia adequada às ciências contemporâneas”.¹⁶²

O *terceiro aspecto* da crítica às “filosofias tradicionais” diante das novas ciências é sua incapacidade de estabelecer um diálogo recíproco, o que revela mais uma característica de fechamento. Esses sistemas filosóficos tendem a se antagonizar ao adotarem, em geral, posições polarizadas entre o racionalismo e o empirismo, ambos ancorados em perspectivas pré-transcendentais. O problema dessa polarização é que essas filosofias, isoladamente e com base em seus princípios, não conseguem oferecer uma reflexão abrangente sobre a *síntese* entre matemática e experiência na pesquisa da física contemporânea.

Em *Le rationalisme appliqué*, Bachelard critica Meyerson por seguir a tradição filosófica de separação dos dois domínios do conhecimento humano (racional e empírico) ao elaborar uma filosofia de “dois polos distanciados” na qual os princípios lógicos e o real se encontrariam em justaposição e não em uma relação dialética.

Dois polos distantes, como o de Émile Meyerson, no qual o apego do cientista ao Real e ao Idêntico é determinado ao mesmo tempo, não nos parece manifestar um campo epistemológico suficientemente intenso. Fazer do cientista um realista absoluto e um lógico rigoroso leva à justaposição de filosofias gerais e inoperantes.¹⁶³

Essa alusão a Meyerson na obra de 1949 aparece anteriormente em *Le nouvel esprit scientifique*, de 1934. Bachelard pergunta se face ao advento da nova física seria preciso “continuar [como Meyerson] a distinguir radicalmente o espírito científico instruído pelas matemáticas e o espírito científico instruído pela experiência física”. Para ele, “é preciso encontrar um meio de conciliar racionalismo e empirismo”.¹⁶⁴ Trata-se de uma separação histórica que não tem lugar no espírito científico contemporâneo.

¹⁶² "ayant perdu le contact avec le mouvement de la science qui leur donnait vie, ils sont comme fossilisés : froids témoins d'un passé révolu dans le présent d'une histoire dramatique. D'où le diagnostic bachelardien : inadéquation. D'où son projet de « constituer une philosophie adéquate aux sciences contemporaines".

¹⁶³ "deux pôles éloignés, comme celle d'Émile Meyerson, où l'on détermine à la fois l'attachement du savant au Réel et à l'Identique ne nous semble pas manifester un champ épistémologique assez intense. Faire du savant, à la fois, un réaliste absolu et un logicien rigoureux conduit à juxtaposer des philosophies générales, inopérantes" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 8).

¹⁶⁴ "continuer à distinguer radicalement l'esprit scientifique instruit par les mathématiques et l'esprit scientifique instruit par l'expérience physique ? (...) Il faut trouver un moyen de concilier le rationalisme et le réalisme" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 133-134).

É interessante destacar que o problema da polarização entre o domínio da razão e o domínio da experiência no contexto da física do século XX tem como base ao menos duas particularidades interligadas. A primeira, que é mais evidente nos argumentos bachelardianos, consiste na tendência histórica do pensamento filosófico em antagonizar o domínio da razão e o da experiência. Pode-se dizer que essa tendência adquire força com as teorias do conhecimento racionalistas e empiristas da modernidade. Daí, a insuficiência desses dois pontos de vistas filosóficos (Bachelard, 1965 [1951], p. 23) em se adequarem à nova física.¹⁶⁵ Bulcão (2009) escreve que Bachelard propõe a adoção de “um racionalismo que também admite a experiência e no qual o racional e o empírico se completam” (p. 115). Segundo ela, é por essa razão que o racionalismo bachelardiano avança em relação ao “racionalismo clássico”¹⁶⁶ no domínio das ciências contemporâneas ao instaurar novas categorias.

A posição de Bachelard representa uma desaprovação do racionalismo do passado, “que admitia que todo conhecimento verdadeiro era de origem racional”. A autora prossegue:

Nessa posição, estava implícito que os princípios da razão eram absolutos e *a priori*, determinando o funcionamento da razão em qualquer época e em qualquer campo do saber. Bachelard crítica tal racionalismo, que não poderia explicar as renovações da ciência contemporânea, e propõe a “abertura do racionalismo”, que passava, assim, a admitir novas categorias. (...) Bachelard não aceita radicalização de qualquer posição filosófica, mesmo a racionalista. Daí, suas críticas ao racionalismo clássico (BULCÃO, 2009, p. 115).

No entanto, a análise de Bulcão (2009) deixa em aberto a identificação precisa do “racionalismo clássico” ao qual Bachelard se refere ao preconizar essa necessidade de abertura. Embora Bachelard faça uso dessa expressão em alguns trechos de suas obras, ele não estaria se referindo a uma filosofia racionalista específica? Além disso, essa categorização genérica não engloba todas as correntes do pensamento racionalista, mesmo que compartilhem a premissa de que os princípios da razão são absolutos e a convicção na primazia do sujeito pensante. Pode-se perceber igualmente o uso dessa generalização em Barbosa (1996) ao explicar que, em Bachelard, “não se está diante do racionalismo tradicional, que prega a supremacia da razão em relação à experiência, nem da crença numa estrutura racional das coisas” (p. 75)”.

Estamos de acordo com as perspectivas de Barbosa (1996), Bulcão (2009) e Lecourt (1974). No entanto, pretendemos avançar nesse ponto, destacando que, no contexto de sua crítica ao “racionalismo clássico”, especialmente em relação à concepção de uma razão absoluta e imutável, Bachelard tem em vista o racionalismo de Kant, caracterizando-o como um

¹⁶⁵ Voltaremos a este ponto no próximo capítulo.

¹⁶⁶ O termo “racionalismo clássico” aqui é usado por Bulcão (2009) de maneira genérica, seguindo os passos do filósofo francês. Teremos posteriormente a oportunidade de tecer alguns comentários quanto ao uso deste termo.

racionalismo formal, abstrato e universal. Essas críticas, como é possível notar em *La philosophie du non*, emergem diante das especificidades dos objetos apresentados pela mecânica quântica. Nesse âmbito, Bachelard não se restringe apenas às noções fundamentais da *Estética transcendental*, mas também aborda conceitos da *Lógica transcendental*, indicando não a necessidade de uma aniquilação do kantismo, mas sim de uma reformulação desse sistema.

A segunda particularidade do problema da separação entre a esfera da razão e o domínio da experiência concerne ao contexto intelectual de Bachelard que apresentava forte influência do empirismo lógico. Tiles (2013, p. 321), ao comentar o racionalismo bachelardiano, escreve que a posição filosófica de Bachelard rompe com as heranças do positivismo lógico (ou empirismo lógico) que distinguia enunciados empíricos e verdades lógicas. Kauark-Leite (2022, p. 17) reconhece em sua interpretação pragmática transcendental da mecânica quântica que foi preciso adotar uma atitude crítica face ao cientificismo representado pelo empirismo lógico. Uma tradição que dissociou “a dimensão *a priori*, como analítica, da dimensão empírica, como sintética”. Essa separação metodológica, como “ato fundador do empirismo lógico” dificulta o entendimento da atividade teórico-experimental da nova física.

Na física contemporânea ocorre uma imbricação entre o campo racional e o campo experimental na atividade científica, ou seja, existe uma *relação* estreita entre o pensamento matemático e a experiência técnica alheia às “filosofias tradicionais”. O racionalismo proposto por Bachelard procura explicar essa relação a fim de melhor entender a atividade da nova física

Bachelard explica que a síntese entre o pensamento matemático a experiência técnica da física contemporânea implica um alargamento do saber que não pode ser apreciado “sem uma flexibilização das filosofias tradicionais”. Segundo o filósofo, “nós nos convencemos gradualmente da insuficiência dos pontos de vista filosóficos clássicos”.¹⁶⁷ Para compreender essa síntese é preciso se colocar em um ponto de vista de uma “polifilosofia”, ponto de vista este “que fornece as condições para uma classificação dos valores realistas, dos valores formais, dos valores racionalistas e até mesmo dos valores estéticos da nova ciência”.¹⁶⁸

Veremos, ainda neste capítulo, que essa perspectiva se configura como o racionalismo aplicado, funcionando como uma “filosofia de dois polos” que interagem entre si. O racionalismo aplicado, conforme destacam diversos autores, representa um “novo

¹⁶⁷ "sans un assouplissement des philosophies traditionnelles (...) on se convainc progressivement de l'insuffisance des points de vue philosophiques classiques" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 23).

¹⁶⁸ "qui donne les cadres pour une classification des valeurs réalistes, des valeurs formelles, des valeurs rationalistes, et, même des valeurs esthétiques de la science nouvelle" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 23).

racionalismo” ou uma “filosofia inédita”, proposta por Bachelard como uma abordagem adequada à física contemporânea, superando as limitações das “filosofias tradicionais” e rompendo com o racionalismo clássico (Barbosa, 1996, p. 76; Bulcão, 2009, p. 117; Lecourt, 1974, p. 46).

2.2 A crítica bachelardiana à lógica transcendental

Bachelard não desconsidera a relevância das ideias de Kant na evolução do pensamento filosófico e científico. No entanto, ele reconhece os limites de aplicação do sistema kantiano diante da emergente racionalidade científica de sua época. Isso se deve, em grande parte, ao fato de que Kant edificou seu sistema com base no paradigma euclidiano-newtoniano, proporcionando os fundamentos e uma conformidade com a física clássica.

Em *La philosophie du non*, Bachelard explica a correlação entre a lógica aristotélica, a lógica transcendental e a geometria euclidiana. Ele utiliza essa correlação a fim de fundamentar a ruptura que os objetos quânticos instauraram na epistemologia kantiana. Segundo ele, “esta correlação pode ser vista no fato de que todas as regras silogísticas podiam ser ilustradas, ou “intuídas”, pela adesão do plano euclidiano”.¹⁶⁹ Dado que o espaço geométrico euclidiano está correlacionado ao princípio da substância, que “*continha* suas qualidades como um volume ou uma *superfície* contém seu interior”,¹⁷⁰ o racionalismo kantiano pôde, com base nessa correlação, estabelecer uma perfeita correspondência entre intuição empírica e conceitos do entendimento. Essa correlação também “facilitou o jogo dos esquemas intermediários entre conceitos puros e intuições puras”,¹⁷¹ estabelecendo a ligação crucial entre a *Estética transcendental* e a *Lógica transcendental*. “Por conseguinte, assegurado desta coerência entre sensibilidade e entendimento, o filósofo kantiano não poderia ser perturbado na unidade espiritual do *eu penso* pela diversidade fenomenal”.¹⁷²

Segundo Bachelard (1983 [1940]), o racionalismo kantiano representou um avanço em relação às concepções realistas acerca do problema do conhecimento. Ele reconhece que Kant subverteu as noções tradicionais de forma e conteúdo na relação sujeito-objeto para

¹⁶⁹ "Cette corrélation éclate dans le fait que toutes les règles syllogistiques pouvaient être illustrées, ou « intuitionnées » par les appartenances du plan euclidien" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 108).

¹⁷⁰ "La substance *contenait* ses qualités comme un volume ou une *surface* contient son intérieur" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 108).

¹⁷¹ "homogénéité initiale a facilité le jeu des schèmes intermédiaires entre concepts purs et intuitions pures" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 108).

¹⁷² "Dès lors assuré de cette cohérence entre sensibilité et entendement, le philosophe kantien ne pouvait être troublé dans l'unité spirituelle du *je pense* par la diversité phénoménale" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 108).

compreender as possibilidades do conhecimento, desencadeando uma revolução na epistemologia moderna. No entanto, apesar desse progresso, Bachelard considera que o racionalismo kantiano ficou limitado ao âmbito dos objetos euclidiano-newtonianos, uma vez que seria impossível para Kant ter pensado acerca dos objetos microfísicos.

Em “Noumène et microphysique”, o filósofo francês explica que as filosofias de fundamentos realistas e idealistas, apesar de se antagonizarem ao longo da história da filosofia, compartilhavam a ideia fundamental de que a experiência possuía uma unidade na compreensão da realidade. Nesse contexto, ele escreve:

No final do século passado, acreditava-se ainda no caráter empiricamente unificado de nosso conhecimento da realidade. Foi até mesmo uma conclusão onde as filosofias mais hostis se reconciliavam. De fato, a unidade da experiência aparece em um duplo ponto de vista: para os empiristas, a experiência é uniforme em sua essência porque tudo vem da sensação; para os idealistas, a experiência é uniforme porque é impermeável à razão. Tanto na adoção quanto na rejeição, o ser empírico forma um bloco absoluto. Em todo caso, acreditando que todas as preocupações filosóficas tinham sido postas de lado, a ciência do século passado se oferecia como um conhecimento homogêneo, como a ciência de nosso próprio mundo, em contato com a experiência diária, organizada por uma razão universal e estável, com a sanção final de nosso interesse comum.¹⁷³

A citação acima esclarece que a ciência do passado se limitava a um conhecimento restrito ao nosso próprio mundo empírico. Essa ciência estabelecia um contato direto com as experiências comuns da vida cotidiana, enquanto ao mesmo tempo era “organizada por uma razão universal e estável”. Isso reforça a ideia de que, mesmo tendo avançado em níveis de compreensão do real, o racionalismo kantiano permanece vinculado ao mundo dos objetos comuns.

Por essa razão, segundo Bachelard (1983 [1940], p. 107), o surgimento dos objetos quânticos impôs modificações profundas nas bases do saber e afetaram todos os *a priori* do conhecimento. Nesse contexto, o racionalismo kantiano necessita de uma reforma que permita a dialética das categorias da razão, as quais Kant concebeu como estáticas e absolutas. Essa dialética, ao facultar uma reflexão mais apropriada, tornaria possível um entendimento mais adequado dos elementos de ordem microfísica. Isso implica, portanto, transformações na lógica transcendental, que precisa ser ajustada “para estas dialéticas que tocam os conceitos e suas

¹⁷³ "À la fin du siècle dernier, on croyait encore au caractère empiriquement unifié de notre connaissance du réel. C'était même une conclusion où les philosophies les plus hostiles se réconciliaient. En effet, l'unité de l'expérience apparaît à un double point de vue : pour les empiristes, l'expérience est uniforme dans son essence parce que tout vient de la sensation ; pour les idéalistes, l'expérience est uniforme parce qu'elle est imperméable à la raison. Dans l'adoption comme dans le refus, l'être empirique forme un bloc absolu. De toute manière, croyant écarter tout souci philosophique, la science du siècle dernier s'offrait comme une connaissance homogène, comme la science de notre propre monde, au contact de l'expérience quotidienne, organisée par une raison universelle et stable, avec la sanction finale de notre intérêt commun" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 11).

conexões”,¹⁷⁴ seguindo os princípios mesmo da *filosofia do não*, do *não kantismo*, que iremos analisar no terceiro capítulo.

Em *La philosophie du non*, Bachelard¹⁷⁵ escreve:

Para Kant, a lógica transcendental deve nos fornecer “as regras absolutamente necessárias do pensamento, sem as quais não pode haver nenhum uso do entendimento”. A lógica transcendental “concerne por consequência ao entendimento, abstração feita da diversidade de objetos aos quais ela pode ser aplicada”. Pelo contrário, “a lógica do uso particular do entendimento contém as regras a serem seguidas para pensar precisamente sobre certas espécies de objetos”. Isto quer dizer, portanto, que a lógica aplicada permanece solidária ao princípio de objetivação. Obteremos então a lógica mais geral subtraindo tudo o que faz a *especificidade* dos objetos, e é nisto que a lógica geral é finalmente, como Ferdinand Gonseth tão apropriadamente disse, a *física do objeto qualquer*.¹⁷⁶

Se os objetos do conhecimento apresentam especificidades, então é possível extrair classes de objetos, isto é, diferenciá-los. Isso significa que a ideia de um objeto em geral sobre o qual se aplica a lógica kantiana perde sentido. Por conseguinte, segundo Bachelard (1983 [1940]), face a essa divisão, a *lógica transcendental de uso universal* se torna uma *lógica transcendental aplicada*. Ela se converte em uma “física de um objeto qualquer retirado de uma classe particular de objetos; ela [fica] relativa a esta classe de objetos; [portanto] ela não é mais a lógica absoluta”.¹⁷⁷ Bachelard ainda não deixa claro qual seria a outra classe de objetos sobre a qual a lógica kantiana não poderia se ocupar. Em razão disso, o filósofo escreve que:

Se a dialética que divide os objetos em classes é uma dialética primeira, fundamental, se toca os princípios muito profundamente de modo que não se possa esperar subsumir os objetos de duas classes em uma mesma classe, então não há mais lógica transcendental.¹⁷⁸

¹⁷⁴ "La logique elle-même doit être (...) dans ces dialectiques qui touchent les concepts et leurs liaisons" BACHELARD, 1983 [1940], p. 105).

¹⁷⁵ As passagens nesta citação apresentam dificuldades de compreensão na medida em que Bachelard identifica lógica geral e lógica transcendental. A fim de manter a coerência desta seção, que se dedica a apresentar a crítica de Bachelard à lógica transcendental, optamos por abordar essas questões ao término da nossa análise.

¹⁷⁶ "Pour Kant, la logique transcendantale doit nous fournir « les règles absolument nécessaires de la pensée, sans lesquelles il ne peut y avoir aucun usage de l'entendement ». La logique transcendantale « concerne par conséquent l'entendement, abstraction faite de la diversité des objets auxquels il peut être appliqué ». Au contraire, « la logique de l'usage particulier de l'entendement contient les règles à suivre pour penser justement sur certaines espèces d'objets ». C'est donc dire que la logique appliquée reste solidaire du principe de l'objectivation. On obtiendra alors la logique la plus générale en retranchant tout ce qui fait la *spécificité* des objets et c'est en cela que la logique générale est finalement, comme l'a si bien dit Ferdinand Gonseth, la *physique de l'objet quelconque*" (BACHELARD, 1983 [1940], p.106).

¹⁷⁷ "Elle n'est plus que la physique d'un objet quelconque pris dans une classe particulière d'objets ; elle est relative à cette classe d'objets ; elle n'est plus la logique absolue" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 106).

¹⁷⁸ "Si la dialectique qui divise les objets en classes est une dialectique première, fondamentale, si elle touche les principes assez profondément pour qu'on ne puisse espérer subsumer les objets de deux classes dans une même classe, alors il n'y a plus de logique transcendantale" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 106).

A divisão dos objetos em classes está calcada na ruptura entre objetos comuns e objetos quânticos. Bachelard (1983 [1940], p. 106) dá a entender que a lógica kantiana, face à “dialética que divide os objetos em classes”, ocupar-se-ia apenas de uma determinada classe de objetos, a dos objetos do conhecimento da física clássica, restando, portanto, outras classes de objetos comuns com os quais ela não poderia se ocupar. A fim de melhor entender sua posição, consideramos importante levar em conta a distinção bachelardiana entre *macrofísica do objeto comum* e *microfísica do objeto comum* apresentada em sua conferência *La psychologie de la raison*, em 1939.¹⁷⁹

Bachelard, contrapondo-se ao conceito de Ferdinand Gonseth de comum [*quelconque*]¹⁸⁰, questiona a viabilidade de “considerar uma classe de todos os objetos possíveis, uma classe especial que não resultaria de uma classificação efetiva?”. É nesse contexto que, ao abordar a ruptura na metafísica do objeto com o advento da mecânica quântica, ele argumenta que tal proposição não é factível. Além disso, como também destacado em *La philosophie du non*, de 1940, ele apresenta seu ponto de vista acerca dos impactos que a ruptura no objeto do conhecimento deve impor ao pensamento lógico:

O que me impressiona é que as propriedades do objeto comum estão em conformidade com os princípios da experiência de localização dos objetos. Tudo o que perturbaria os princípios de localização - e acredito que esses princípios de localização são efetivamente perturbados em microfísica - deveria, portanto, levar a uma divisão da lógica.¹⁸¹

Em *La philosophie du non*, Bachelard (1983 [1940], p. 107) acrescenta, além do princípio de localização geométrica euclidiana, o princípio de permanência da substância como duas características fundamentais dos objetos comuns que são abaladas pelo advento dos objetos quânticos. Ele explica que essas duas particularidades estão correlacionadas com a metafísica kantiana do objeto. A primeira está relacionada à forma do sentido externo (o espaço), e a segunda à forma do sentido interno (o tempo). Como resultado, dado que essas particularidades estabelecem uma classe específica de objetos que se diferencia da classe dos objetos quânticos, e visto que há uma concordância entre as especificidades daqueles e a

¹⁷⁹ Cf. BACHELARD (1972 [1972], p. 30).

¹⁸⁰ "En soi, *quelconque* nie la différence des objets d'une classe ; il justifie, pour une classe d'objets, l'emploi des principes formels ; il représente une sorte de *réalisation* du principe d'identité" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 30).

¹⁸¹ "Ce qui me frappe c'est que les propriétés de l'objet quelconque s'accordent avec les principes de l'expérience de localisation des objets. Tout ce qui troublerait les principes de localisation - et je crois que ces principes de localisation sont effectivement troublés en microphysique - devrait donc entraîner une division de la logique" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 30).

Estética transcendental, a *lógica transcendental de uso universal* deve ser agora considerada como uma *lógica transcendental aplicada* aos objetos do conhecimento comum.

Em outras palavras, quando Bachelard (1983 [1940], p. 106, 1972 [1972], p. 30) afirma que há uma “dialética que divide os objetos em classes”, ele está se referindo ao surgimento das partículas elementares cujas características impactaram os princípios fundamentais do pensamento, como o de causalidade e o da substância. O surgimento dessas partículas tornou impossível conceber uma única classe de objetos. Desse modo, se doravante não há mais uma classe geral de objetos, mas sim duas classes distintas, quais sejam, a dos objetos comuns e a dos objetos quânticos, “não há mais lógica transcendental” de uso universal. Com a descontinuidade instaurada na metafísica do objeto devido ao advento dos objetos quânticos, torna-se necessário estabelecer, em função dessa ruptura, uma divisão na lógica. É por meio dessa perspectiva que Bachelard não apenas questiona, mas também apresenta seu ponto de vista contrário à lógica kantiana, que pretende abranger quaisquer tipos de objetos do conhecimento.

Em *La psychologie de la raison*, ele escreve:

Há lugar para uma lógica que englobe as duas físicas do objeto qualquer: a física do macro-objeto qualquer e a física do micro-objeto qualquer? Não seria melhor aproveitar psicologicamente esta divisão lógica efetiva para *aprender* a considerar os princípios lógicos em sua função e não mais sua estrutura? Pode-se adivinhar onde vão minhas preferências. Na minha opinião, a descontinuidade epistemológica que acaba de surgir entre a física e a microfísica nos oferece a oportunidade de uma libertação vertiginosa: a libertação do espírito em relação a si mesmo.¹⁸²

Nesse sentido, a concepção de uma lógica transcendental de uso universal se revela inadequada para abordar a ruptura estabelecida na metafísica do objeto. Isso se deve ao fato de que as particularidades dos objetos comuns e dos objetos quânticos demandam princípios lógicos distintos. Como Bachelard destaca na citação mencionada, é necessário “considerar os princípios lógicos em sua função e não mais em sua estrutura”. Isso significa abandonar a rigidez e inflexibilidade com que Kant os apresentou em sua arquitetura da razão, passando a enfatizar a aplicabilidade e funcionamento desses princípios em diferentes contextos da experiência em microfísica, instaurando, assim um “novo kantismo”, como discutiremos no próximo capítulo.

¹⁸² "Y a-t-il lieu de faire une logique englobant les deux physiques de l'objet quelconque : la physique du macro-objet quelconque et la physique du micro-objet quelconque ? Ne vaut-il pas mieux profiter psychologiquement de cette division logique effective pour *apprendre* à considérer les principes logiques dans leur fonction et non plus dans leur structure ? On devine où vont mes préférences. A mon avis, la discontinuité épistémologique qui vient de se présenter entre la physique et la microphysique nous offre l'occasion d'une libération vertigineuse : la libération de l'esprit à l'égard de lui-même" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 30).

A ruptura que estabelece duas classes distintas de objetos, interferindo nos princípios fundamentais do kantismo, invalida a possibilidade de uma *lógica transcendental de uso universal*. A partir dessas considerações, torna-se compreensível a passagem presente em *La philosophie du non*: “se o mundo do objeto comum está dividido, logo o *eu penso* correspondente à objetivação também está; o *eu penso* deve ter uma atividade dialética, mobilizando-se e alertando-se em uma filosofia do não”.¹⁸³

A expressão “mundo do objeto comum” é empregada aqui em sua acepção mais abrangente, denotando um domínio do conhecimento que, ao ser dividido entre objetos macrofísicos e microfísicos, como indicado em *La psychologie de la raison*, requer uma objetivação por meio de uma divisão lógica. Essa subdivisão visa a objetivação de ambas as classes de objetos, um desdobramento que não ocorre sem repercussões sobre a lógica kantiana, originalmente concebida para considerar uma única classe de objetos da experiência possível. Conforme elucidado por Vinti (2005, p. 401):

É apenas na condição de tal definição, através de uma referência ao “objeto qualquer”, que a lógica transcendental poderá ser traduzida em lógica aplicada; e, como já era evidente em “La psychologie de la raison”, isto não será sem consequências sobre o sujeito da lógica, sobre a subjetividade conhecedora que, por sua vez, e como a lógica, não será mais uma subjetividade absoluta, mas uma subjetividade que é ao mesmo tempo dividida e plural.¹⁸⁴

A proposta de Bachelard para a divisão da lógica tem como propósito conceber um pensamento lógico que dialetize seus princípios, como os de substância e de causalidade, na perspectiva de poder se ocupar com os objetos quânticos. Com efeito, isso implica desenvolver uma nova lógica que não apenas preserva as normas do pensamento puro estabelecidas por Kant, mas também as incorpora em um novo paradigma lógico como um caso particular.

Na análise acima, concentramos nossos esforços nos aspectos relacionados à lógica kantiana, a fim de aprofundar a crítica de Bachelard ao “racionalismo tradicional”, e evidenciar sua proposição de instaurar uma nova lógica adequada para pensar os objetos quânticos. No entanto, encontramos algumas complexidades ao conduzir nossa análise, na medida em que Bachelard (1983 [1940]) não estabeleceu uma distinção nítida entre lógica geral e lógica transcendental. Com efeito, nos parece que ele incorre em alguns equívocos, como, por

¹⁸³ "Le monde de l'objet quelconque étant divisé, le *je pense* correspondant à l'objectivation est divisé, le *je pense* doit avoir une activité dialectique ; il doit se mobiliser, s'alerter dans une philosophie du non" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 6).

¹⁸⁴ "Ce n'est qu'à la condition d'une telle définition, par un renvoi à « l'objet quelconque », que la logique transcendante pourra se traduire en logique appliquée ; et, comme c'était déjà évident dans « La psychologie de la raison », cela ne sera pas sans conséquences sur le sujet de la logique, sur la subjectivité connaissante qui, à son tour, et à l'instar de la logique, ne sera plus une subjectivité absolue, mais une subjectivité à la fois divisée et plurielle".

exemplo, ao conceber a lógica aristotélica como uma lógica do objeto, quando, na realidade, trata-se de uma lógica da abstração. Nesse contexto, torna-se pertinente expor algumas considerações acerca da identificação bachelardiana entre lógica aristotélica e lógica transcendental.

Na *Crítica da razão pura*, mais precisamente em A 50-55/B 74-79, Kant introduz uma seção intitulada “Da lógica geral”, na qual descreve as características da lógica aristotélica. Ele esclarece que a *lógica geral* pode se dividir em dois tipos, a saber, “quer como lógica do uso geral, quer do uso particular do entendimento”. Em seguida, ele explica que “a primeira contém as regras absolutamente necessárias do pensamento, sem as quais não pode haver nenhum uso do entendimento, e ocupa-se, portanto, deste, independentemente da diversidade dos objetos a que possa dirigir-se”. Por outro lado, “a lógica do uso particular do entendimento contém as regras para pensar corretamente sobre determinada espécie de objetos”. Além disso, Kant afirma que a lógica do uso particular pode ser considerada como uma propedêutica das ciências “embora, segundo o curso da razão humana, seja a que esta mais tardiamente alcança, somente quando a ciência, de há muito concluída, apenas carece do último retoque que a corrija e aperfeiçoe” (KrV, A 52/B 76).

Kant elabora uma distinção entre *lógica geral pura* e *lógica geral aplicada*. A primeira faz abstração “de todas as condições empíricas relativamente às quais se exerce o nosso entendimento”. Ela se ocupa dos princípios puros *a priori* e é “um *cânone do entendimento* e da razão, mas só com referência ao que há de formal no seu uso, seja qual for o conteúdo (empírico ou transcendental)”. Pelo contrário, a *lógica geral aplicada* “se ocupa das regras do uso do entendimento nas condições empíricas subjetivas”. Ela tem princípios empíricos, mas como se trata de uma lógica geral, ela “se ocupa do uso do entendimento sem distinção dos objetos”. É por essa razão que a *lógica geral aplicada* não pode ser “um *cânone do entendimento* em geral, nem um organon de ciências particulares, mas simplesmente um catarticon do entendimento comum” (KrV, A 53/B 77-78).¹⁸⁵

A *lógica transcendental* tem um sentido mais estrito em relação à *lógica geral*. Ela será apresentada sob as mesmas divisões estabelecidas por Kant para esta última, conforme exposto acima. Assim, o filósofo alemão faz uma distinção entre uma *lógica transcendental geral pura*, isto é, de uso universal, e uma *lógica transcendental aplicada* (uma lógica empírica), isto é, de

¹⁸⁵ É importante precisar que Kant não descarta a *lógica aristotélica* e suas divisões como parte do entendimento. Mas agora ela é tomada como pressuposto para a *lógica transcendental*. Se por um lado, Kant não exclui a *lógica geral*, por outro, ele reconhece seus limites para pensar os objetos do conhecimento, uma vez que ela faz abstração da diversidade dos objetos. Os critérios de verdade da *lógica geral* são necessários, mas não suficientes para se pensar a objetivação do conhecimento.

uso particular. Esta última permite pensar várias lógicas possíveis, na medida em que ela pode se ocupar de um objeto específico.¹⁸⁶

Kant admite que é possível uma *lógica transcendental de uso particular* do entendimento e que, portanto, pode se aplicar a objetos particulares. Entretanto, é imperativo destacar que o projeto kantiano consiste em instaurar uma lógica que possa se aplicar do modo mais geral possível aos objetos da experiência, isto é, uma *lógica transcendental de uso universal*. É nesse sentido que deve ser tomada a significação da lógica kantiana, ou seja, como uma lógica que se refere ao objeto de toda experiência possível, aos objetos em geral.

Na *lógica transcendental*, Kant introduz, além dos princípios clássicos da lógica geral (os princípios de não contradição, de identidade e do terceiro excluído) os princípios básicos através dos quais se torna possível pensar os objetos em geral da experiência. Assim, ele introduz uma nova ordem de princípios, em especial, o de causalidade e o de substância. Tratam-se de princípios de síntese que permitem pensar os objetos em geral, os quais devem estar em conformidade com as leis do pensamento. Portanto, a *lógica transcendental* é uma lógica dos objetos da experiência, o que a difere da *lógica geral*, a qual faz abstração da diversidade dos objetos, tratando-se de uma lógica formal.

Kant define a *lógica transcendental de uso universal* como uma ciência do entendimento puro, operando com conceitos puros que permitem pensar, de forma completamente *a priori*, os objetos que nos são dados na experiência através das intuições puras da sensibilidade: o espaço e o tempo. A ciência “que determinaria a origem, o âmbito e o valor objetivo desses conhecimentos, deveria chamar-se *lógica transcendental*”, uma vez que ela “trata das leis do entendimento e da razão, mas só na medida em que se refere a objetos *a priori* e não, como a lógica vulgar, indistintamente aos conhecimentos de razão, quer empíricos quer puros” (KrV, A 57/ B 81-82).

Bachelard (1983 [1940], p. 106), ao citar Kant, escreve que “a lógica transcendental deve nos fornecer as regras absolutamente necessárias do pensamento, sem as quais não pode haver nenhum uso do entendimento”. No entanto, no texto original, Kant se refere nessa

¹⁸⁶ Kant escreve que “como, porém, há intuições puras e há intuições empíricas (conforme mostra a estética transcendental), poder-se-ia também encontrar uma distinção entre pensamento puro e pensamento empírico dos objetos. Nesse caso, haveria também uma lógica em que se não abstrairia de todo o conteúdo do conhecimento; porque a que contivesse apenas as regras do pensamento puro de um objeto excluiria todos os conhecimentos de conteúdo empírico. Essa lógica também se ocuparia da origem dos nossos conhecimentos dos objetos, na medida em que tal origem não pode ser atribuída aos objetos; enquanto a lógica geral nada tem que ver com esta origem do conhecimento, apenas considera as representações, quer sejam primitivamente dadas em nós *a priori*, ou só empiricamente, segundo as leis pelas quais o entendimento as usa umas em relação com as outras para pensar; a lógica geral trata, por conseguinte, apenas da forma do entendimento que pode ser dada às representações, qualquer que seja a sua origem” (KANT, KrV, A 55-56/B 79-80).

passagem à *lógica geral*, não à lógica transcendental, embora sua lógica também seja uma ciência que fornece as regras do entendimento. Bachelard mantém, contudo, seu equívoco na frase subsequente ao citar novamente o filósofo alemão: “[a *lógica transcendental*] concerne por consequência ao entendimento, abstração feita da diversidade de objetos aos quais ela pode ser aplicada”. Segundo Kant, é a *lógica geral* que realiza a abstração de toda diversidade dos objetos, não a *lógica transcendental*. Esta última, ao contrário, não abstrai do conteúdo do conhecimento, na medida em que ela incorpora esse conteúdo em sua dimensão *a priori* para pensar os objetos de toda experiência possível.

O argumento bachelardiano poderia ser elucidado da seguinte forma: a lógica geral deve nos fornecer as regras absolutamente necessárias do pensamento, sem as quais não pode haver nenhum uso do entendimento. A lógica geral concerne, por consequência, ao entendimento, abstração feita da diversidade de objetos aos quais ela pode ser aplicada.

Com base nesses esclarecimentos podemos então precisar que, quando Bachelard (1983 [1940], p. 106) escreve em seguida, ainda em alusão a Kant, que “a lógica do uso particular do entendimento contém as regras a serem seguidas para pensar precisamente sobre certas espécies de objetos”, ele está, na verdade, referindo-se às considerações kantianas acerca da *lógica geral*, conforme podemos encontrar em A 52/B 76. E na passagem subsequente, Bachelard apresenta a seguinte conclusão: “isto quer dizer, portanto, que a lógica aplicada permanece solidária ao princípio de objetivação”. Se quisermos obter coerência em sua construção argumentativa, seria preciso corrigir tal passagem, a qual deveria ser escrita: isto quer dizer, portanto, que a lógica particular do entendimento permanece solidária ao princípio de objetivação.

A indistinção de Bachelard entre lógica geral e lógica transcendental resultou em outra conclusão incoerente em relação às considerações de Kant. Bachelard (1983 [1940], p. 106) escreve que “obteremos então a lógica mais geral subtraindo tudo o que faz a *especificidade* dos objetos, e é nisto que a lógica geral é finalmente, como Ferdinand Gonseth tão apropriadamente disse, a *física do objeto comum*”. Trata-se de uma conclusão peculiar, pois a *lógica geral* não é a física do objeto comum, já que abstrai da diversidade dos objetos da experiência. Além disso, a *lógica transcendental*, como lógica do entendimento puro, também não é uma física, mas uma doutrina que apresenta os princípios *a priori* subjacentes à física.

Em resumo, Bachelard (1983 [1940], p. 106) não apenas desconsidera a distinção entre *lógica geral* e *lógica transcendental*, que é fundamental no pensamento de Kant, mas também faz um uso arbitrário ao trocar a significação entre os dois conceitos de lógica apresentados pelo filósofo alemão. Se Kant, por um lado, distingue *lógica geral* e *lógica transcendental*, Bachelard, por outro, as identifica, sustentando uma concepção abrangente da lógica ao afirmar,

por exemplo, que “a *Física do objeto comum*— que é tanto a base da lógica aristotélica como a base da lógica transcendental – seja a física de um objeto que guarda uma especificidade”.¹⁸⁷

A concepção de que a lógica aristotélica representa uma lógica da objetivação, de maneira semelhante à lógica transcendental, é corroborada por outras passagens do mesmo capítulo de *La philosophie du non* que examinamos, conforme ilustrado na seguinte passagem:

O objeto estabilizável, o objeto imóvel e a coisa em repouso formavam o domínio de verificação da lógica aristotélica. Perante o pensamento humano se apresentam agora outros objetos que não são estabilizáveis, que não teriam, em repouso, nenhuma propriedade e, conseqüentemente, nenhuma definição conceitual. Precisar, portanto, modificar de alguma maneira o jogo dos valores lógicos, em resumo, é necessário determinar tantas lógicas quantos os tipos de objetos quaisquer.¹⁸⁸

Como destacamos anteriormente, não se pode dizer que a lógica de Aristóteles é a base da física, uma vez que, a rigor, ela não é uma lógica do objeto, mas uma lógica que se ocupa apenas das regras do pensamento.

2.3 A crítica a Kant no meio intelectual científico de Bachelard

A questão da adequação das ideias kantianas, diante do surgimento da mecânica quântica, foi objeto de profundas reflexões por parte de destacados físicos da época, não sendo uma peculiaridade das ideias de Bachelard. Segundo Catherine Chevalley (2009, p. 46), Bohr, Heisenberg e Pauli, mesmo não se autodenominando filósofos, conceberam a ideia de desenvolver uma “verdadeira filosofia”, a qual deveria estar “enraizada na ideia de que se deve criar uma nova linguagem”. Essa abordagem os conduziu a definir um projeto que não é uma cópia de qualquer tradição anterior e que, no entanto, se situa numa relação clara com essa tradição”.¹⁸⁹

Segundo Chevalley (2009, p. 51-53; 62), esses físicos compartilhavam um projeto filosófico que reconhecia a natureza inovadora da física contemporânea, uma “situação absolutamente nova”. Uma das características fundamentais desse projeto consistia na

¹⁸⁷ "Or il semble bien que la *Physique de l'objet quelconque* — qui est aussi bien la base de la logique aristotélicienne que la base de la logique transcendantale — soit la physique d'un objet qui a gardé une spécificité" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 107).

¹⁸⁸ "L'objet stabilisable, l'objet immobile, la chose au repos formaient le domaine de vérification de la logique aristotélicienne. Devant la pensée humaine se présentent maintenant d'autres objets qui, eux, ne sont pas stabilisables, qui n'auraient, au repos, aucune propriété et par conséquent aucune définition conceptuelle. Il faudra donc bien modifier en quelque manière le jeu des valeurs logiques, bref, il est nécessaire de déterminer autant de logiques qu'il y a de types d'objets quelconques" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 111).

¹⁸⁹ "Ni Bohr, ni Heisenberg ni Pauli n'ont jamais revendiqué une position professionnelle de philosophes. Mais il reste que la conviction qu'il faut faire « de la vraie philosophie » enracinée dans l'idée qu'il faut créer un nouveau langage, les conduit à définir un projet qui n'est le décalque d'aucune tradition antérieure et qui cependant est situé dans une relation claire à cette tradition".

contestação dos princípios da filosofia moderna, implicando, assim, em uma crítica à teoria do conhecimento de Kant. Essas reflexões incidiam particularmente sobre as formas de intuição e as categorias do entendimento

Schrödinger¹⁹⁰ pode ser adicionado à lista dos três autores mencionados por Chevalley (2009), visto que, em *L'esprit et la matière*, de 1958, ele apresenta críticas pontuais à filosofia kantiana do conhecimento diante da física contemporânea. Nessa obra, o físico austríaco dirige críticas, ainda que não sistematizadas, não apenas aos conceitos kantianos de espaço e tempo, mas também à noção de *coisa em si*.¹⁹¹

Schrödinger (1992 [1951], p. 21-86), assim como os físicos Heisenberg e Bohr, e os filósofos Brunschvicg e Bachelard, critica a inflexibilidade e o fixismo dos *a priori* de Kant. Essa crítica não se restringe apenas às ideias inovadoras da física contemporânea, mas também abrange o movimento histórico do conhecimento. Ele chama a atenção, de forma semelhante a Bachelard (1977 [1938], p. 3-18), para o fato de que hábitos de pensamento adquiridos podem conduzir a equívocos quando assumidos como postulados fundamentais na compreensão da realidade. Em suas palavras:

Nós somos muito facilmente enganados quando olhamos para um hábito adquirido de pensamento como um postulado peremptório imposto por nossa mente a qualquer teoria do mundo físico. A mais célebre ilustração desta observação é o exemplo de Kant que, como sabemos, chamou de espaço e tempo, como ele os conhecia, as formas de nossa intuição mental (*Anschauung*) - sendo o espaço para ele a forma de intuição externa e o tempo a forma de intuição interna. Ao longo do século XIX, a maioria dos filósofos o seguiu neste ponto. Não vou dizer que a ideia de Kant estava completamente errada, mas certamente era muito rígida e não pode mais ser aceita sem modificações desde o momento em que novas possibilidades apareceram: por exemplo, o espaço pode muito bem estar (e provavelmente está) fechado em si mesmo e ainda sem limites, e dois eventos podem ocorrer de tal forma que *qualquer um deles* pode ser visto como antecedendo o outro.¹⁹²

¹⁹⁰ É importante destacar que Schrödinger divergiu dos físicos mencionados em relação à interpretação da mecânica quântica.

¹⁹¹ Segundo Bitbol (1990, p. 51), os argumentos do físico que compõe sua crítica à ideia de *realidade exterior* não podem ser apreciados fora da referência kantiana, na medida em que sua tentativa de dar um lugar à metafísica nos quadros do conhecimento se situa numa perspectiva pós-kantiana, cuja uma das características era a procura da modificação ou mesmo da rejeição da noção de *coisa em si*.

¹⁹² "On est très facilement trompé quand on regarde une habitude de pensée acquise comme un postulat péremptoire imposé par notre esprit à toute théorie du monde physique. La plus célèbre illustration de cette remarque c'est l'exemple de Kant qui, comme vous le savez, a appelé espace et temps, tels qu'il les connaissait, les formes de notre intuition mentale (*Anschauung*) - l'espace étant pour lui la forme de l'intuition externe et le temps celle de l'intuition interne. Pendant tout le XIXe siècle la plupart des philosophes l'ont suivi sur ce point. Je ne dirai pas que l'idée de Kant était complètement fautive, mais elle était certainement trop rigide et elle ne peut plus être acceptée sans modification depuis le moment où sont apparues de nouvelles possibilités : par exemple l'espace peut fort bien être (et est probablement) fermé en lui-même et cependant sans frontières, et deux événements peuvent se produire de telle sorte que *l'un quelconque d'entre eux* puisse être regardé comme précédant l'autre" (SCHRÖDINGER, 1990 [1958], p. 68).

Schrödinger (1990 [1958]) acusa Kant de ter uma visão ingênua de ciência pelo fato de que o filósofo alemão concebeu o saber científico da física de sua época como algo acabado e buscou oferecer seus fundamentos filosóficos. Segundo ele, o abalo conceitual causado pela nova física às noções kantianas de *espaço* e *tempo* pode ser tomado como um exemplo do movimento do conhecimento científico que teria exposto a ineficiência dessas noções kantianas.

Para Kant, como para todos os físicos do seu tempo, espaço e tempo eram dois conceitos inteiramente distintos, de modo que ele não tinha dúvidas em chamar ao primeiro a forma da nossa intuição externa, e o tempo a forma da nossa intuição interna (*Anschauung*). Quando se reconheceu que o espaço euclidiano infinito não é uma forma obrigatória de olhar para o mundo da nossa experiência, e que é melhor considerar o espaço e o tempo como um contínuo quadridimensional, isto pareceu arruinar as fundações kantianas (...) as relações espaço-tempo são muito mais complexas do que Kant tinha sonhado.¹⁹³

Heisenberg também contribuiu para esse debate Apesar das notáveis divergências em relação a Schrödinger quanto à interpretação da mecânica quântica, ele apresentou de maneira mais sistemática uma série de críticas à filosofia do conhecimento kantiana face à nova física, cujos pressupostos não encontram paralelo na história. Uma das características de suas reflexões concerne à “tarefa muito difícil de retomar o problema fundamental da teoria kantiana do conhecimento e, por assim dizer, tudo recomeçar” (HEISENBERG apud CHEVALLEY, 2009, p. 51).¹⁹⁴

Os conceitos kantianos de espaço, tempo, causalidade e substância são criticados por apresentarem limitações de aplicação epistêmica na física atômica e na teoria da relatividade devido ao caráter absoluto que Kant lhes atribuiu. “Nenhum físico estará preparado para seguir Kant até este ponto se o termo *a priori* for usado no sentido absoluto que Kant lhe deu”¹⁹⁵. Segundo Heisenberg (1971, p. 100-101), as novas concepções de espaço e tempo apresentadas pela mecânica relativística não podem satisfazer as formas *a priori* da intuição. O princípio

¹⁹³ "Pour Kant, comme pour tous les physiciens de son époque, l'espace et le temps étaient deux concepts entièrement distincts, de telle sorte qu'il n'eut aucun scrupule à appeler le premier la forme de notre intuition externe, et le temps la forme de notre intuition interne (*Anschauung*). Lorsqu'on reconnut que l'espace euclidien infini n'est pas une manière obligée de regarder le monde de notre expérience, et qu'il est mieux de considérer l'espace et le temps comme un continuum à quatre dimensions, cela sembla ruiner les fondations kantiennes (...) les relations spatio-temporelles sont beaucoup plus complexes que Kant ne l'avait rêvé, s'accordant du reste en cela avec tous les physiciens antérieurs, avec l'homme de la rue ainsi qu'avec les dames dans les salons" (SCHRÖDINGER, 1990 [1958], p. 279; 280).

¹⁹⁴ "la tâche très difficile de reprendre le problème fondamental de la théorie de la connaissance kantienne et, de tout recommencer".

¹⁹⁵ "Aucun physicien ne sera prêt à suivre Kant jusque-là si le terme *a priori* est utilisé dans le sens absolu que lui donnait Kant" (HEISENBERG, 1971 [1958], p. 100).

clássico e kantiano de causalidade também não pode ser aplicado na mecânica quântica, assim como a categoria de substância, pensada como lei de conservação da matéria.¹⁹⁶

A conclusão de Heisenberg é que “os conceitos *a priori* que Kant considerava como verdade inegável não estão mais contidos no sistema científico da física moderna”.¹⁹⁷ No entanto, ele sugere que é possível encontrar um lugar para os conceitos kantianos na física contemporânea. Isso se justifica na medida em que a Interpretação de Copenhague opera com a ideia de complementaridade, ou seja, a necessidade de recorrer a conceitos clássicos nas descrições dos resultados em física quântica. O uso dos conceitos de espaço, tempo, causalidade e substância é relevante para descrições das situações experimentais, uma vez que estas fazem parte do mundo da experiência sensível. Nesse sentido, segundo Heisenberg, seria possível atribuir um sentido *a priori* aos conceitos da teoria kantiana do conhecimento no contexto da mecânica quântica.

O que Kant não previu foi que estes conceitos *a priori* poderiam ser as condições da ciência e, ao mesmo tempo, ter apenas um escopo limitado de aplicabilidade. Quando realizamos uma experiência, temos que assumir uma cadeia causal de fenômenos que, partindo do fenômeno atômico, acaba conduzindo através do aparelho aos olhos do observador; se nos recusamos a admitir a existência desta cadeia, nada se poderia saber sobre o fenômeno atômico. Mas ainda devemos ter em mente a noção de que a física clássica e a causalidade têm apenas um escopo de aplicação limitado. É este paradoxo fundamental da teoria quântica que não poderia ser previsto por Kant.¹⁹⁸

A conclusão de Heisenberg (1971 [1958], p. 107) é que, uma vez que os conceitos de Kant possuem uma aplicação limitada, uma reinterpretação de seu apriorismo daria ao sistema kantiano o caráter de uma “verdade relativa”, no sentido de que as noções kantianas permanecem ligadas à descrição da experiência. No entanto, elas podem encontrar novas limitações no futuro com o desenvolvimento do saber científico. Essa conclusão também se

¹⁹⁶ Segundo Heisenberg (2009 [1962] p. 148, 2016 [1969], p. 207-208, 1971 [1958], p. 102), o conceito clássico e kantiano de causalidade, em conformidade com a física clássica, revelou-se inadequado diante das descrições estatísticas dos fenômenos quânticos, que opera com leis estatísticas como resultados das relações de indeterminações. Kant estabeleceu esse conceito como fundamento do trabalho científico, baseado na ideia de que um fenômeno precedente deve ser seguido por outro segundo uma regra. No entanto, Heisenberg (1971 [1958]) destaca a inaplicabilidade dessa lei nos fenômenos de escala subatômica. As leis da mecânica quântica afirmam que não podemos conhecer a causa de um instante específico, e mesmo ao conhecermos um fenômeno precedente, não é possível conhecê-lo com precisão. Este é um conhecimento cujas leis de indeterminação são diretamente introduzidas. Seria necessário compreender a estrutura de todo o universo para precisamente conhecer o instante em que uma partícula foi emitida, o que se revela impossível.

¹⁹⁷ "Les concepts *a priori* que Kant considérait comme une vérité indéniable ne sont plus contenus dans le système scientifique de la physique moderne" (HEISENBERG, 1971 [1958], p. 103).

¹⁹⁸ "Ce que Kant n'avait pas prévu, c'est que ces concepts *a priori* pouvaient être les conditions de la science et, en même temps, n'avoir qu'une portée limitée d'applicabilité. Quand nous faisons une expérience, il nous faut supposer une chaîne causale de phénomènes qui, partant du phénomène atomique, mène finalement à travers l'appareil jusqu'à l'œil de l'observateur ; si l'on se refusait à admettre l'existence de cette chaîne, rien ne pourrait être connu du phénomène atomique. Mais nous devons quand même garder à l'esprit la notion que physique classique et causalité n'ont qu'une portée limitée d'application. C'est ce paradoxe fondamental de la théorie quantique qui ne pouvait pas être prévu par Kant" (HEISENBERG, 1971 [1958], p.104-105).

expressa no capítulo “Mecânica quântica e filosofia de Kant (1930-1932)”, em que Heisenberg debate com a filósofa neokantiana Grete Hermann¹⁹⁹, os limites das ideias kantianas face ao novo pensamento científico. Ele apresenta a ideia de que é possível encontrar um lugar para o kantismo, “em um sentido diferente”, junto às noções da mecânica quântica.

A seguinte passagem é esclarecedora:

Kant observou com muita precisão como adquirimos realmente o conhecimento experimental, e acredito que sua análise é essencialmente justa. Mas quando Kant considera os conceitos de espaço e tempo, bem como a categoria “causalidade”, como “a priori” ao conhecimento experimental, ele corre o risco de torná-los absolutos e afirmar que eles devem se manifestar na mesma forma e com o mesmo conteúdo em qualquer teoria de fenômenos físicos. Este não é o caso, como mostra a teoria da relatividade e a teoria quântica. No entanto, em um certo ponto Kant tem toda razão: os experimentos que o físico realiza devem ser sempre descritos em primeiro lugar na linguagem da física clássica; caso contrário não seria possível comunicar a outros físicos o que se mediu. E somente assim se dá aos outros a possibilidade de verificar os resultados. O “a priori” kantiano não é, portanto, eliminado pela física moderna; mas, de certa forma, torna-se relativo. Os conceitos de física clássica - incluindo os de “tempo”, “espaço”, “causalidade” - permanecem “a priori” para a teoria da relatividade e teoria quântica, no sentido de que eles têm que ser usados para descrever experimentos, ou - para ser mais cauteloso - que eles são realmente usados para esse fim. Mas, no ponto de vista de seu conteúdo, eles são, no entanto, modificados no âmbito dessas novas teorias (...) Eu acredito também acredito que a análise kantiana do conhecimento contém um saber autêntico, não uma crença vaga; e que ele permanece correto onde quer que os seres vivos, capazes de refletir, entrem em uma relação com seu entorno que chamamos, de nosso ponto de vista humano, de “experiência”. Mas o “a priori” kantiano também pode ser removido posteriormente de sua posição central e tornar-se parte de uma análise muito mais ampla do processo de conhecimento. Seria certamente errado, neste ponto, diluir o conhecimento científico ou filosófico com a frase comum “para cada época sua própria verdade”. No entanto, é preciso perceber que com o desenvolvimento histórico, a estrutura do pensamento humano também muda. O progresso da ciência não é alcançado apenas no sentido de que aprendemos a conhecer e compreender novos fatos, mas também no sentido de que estamos constantemente reaprendendo o que significa compreender.²⁰⁰

¹⁹⁹ Em *Les fondements philosophiques de la physique quantique*, de 1935, Hermann tem o objetivo de “salvar” a filosofia kantiana face às críticas endereçadas a esse sistema, em especial aquelas proferidas pelos físicos da escola de Copenhague. Ela procura, assim, demonstrar uma compatibilidade entre filosofia crítica e mecânica quântica. Hermann contrapõe-se às críticas de físicos, especialmente Heisenberg, em relação ao conceito clássico de causalidade. Após minuciosa análise das teorias físicas, a filósofa argumenta que não há motivos para abandonar a busca das causas subjacentes aos fenômenos observados nos experimentos de física quântica. Ela conclui que o conceito de causalidade, apresentado por Kant como uma forma *a priori* do entendimento, é plenamente aplicável na mecânica quântica. Segundo Hermann (1996 [1935], p. 99), a própria natureza da mecânica quântica implica a presença da causalidade. “A causalidade sem lacunas, sem limites, não apenas é compatível com a mecânica quântica, mas, como demonstrado, é até mesmo um pressuposto fundamental desta última”.

²⁰⁰ “Kant a observé de façon très précise comment on acquiert réellement la connaissance expérimentale, et je crois que pour l'essentiel son analyse est juste. Mais lorsque Kant considère les concepts d'espace et de temps, ainsi que la catégorie "causalité", comme des "a priori" vis-à-vis de la connaissance expérimentale, il court le risque d'en faire des absolus et de prétendre qu'ils devraient se manifester sous la même forme et avec le même contenu dans n'importe quelle théorie des phénomènes physiques. Or, cela n'est pas le cas, comme le montrent la théorie de la relativité et la théorie quantique. Néanmoins, à un certain point de vue, Kant a entièrement raison : les expériences qu'effectue le physicien doivent de prime abord toujours être décrites dans le langage de la physique classique ; autrement, il ne serait pas possible de communiquer aux autres physiciens ce que l'on a mesuré. Et ce n'est qu'ainsi que l'on donne aux autres la possibilité de contrôler les résultats. Le "a priori" kantien n'est donc nullement éliminé par la physique moderne ; mais, d'une certaine manière, il devient relatif. Les concepts de la physique classique y

No entanto, a hipótese da relativização das formas *a priori* do conhecimento não é desenvolvida nem sistematizada pelo físico alemão. Pelo contrário, observa-se que nos momentos em que ele se refere a Kant, prevalece sua crítica geral ao kantismo. Os conceitos de espaço, tempo, causalidade e substância, entre outros, são enfatizados com o objetivo de destacar suas limitações conceituais na compreensão da mecânica quântica.

2.4 A adequação do pensamento filosófico

Segundo Lecourt (1974, p. 46), a “filosofia adequada” que Bachelard pretende oferecer à nova física, e que ele não teria tido sucesso em edificá-la, consistiria em uma “filosofia pluralista”, conforme enunciado em *La philosophie du non*. O autor explica que o sentido dessa concepção aparece na mesma obra sob o termo “filosofia dispersa” ou “filosofia distribuída”. Em outras obras, Bachelard faz uso do termo “polifilosofia”. Com essas observações terminológicas, Lecourt conclui que a filosofia inédita e adequada proposta por Bachelard “deve ser um encontro filosófico; uma filosofia que conjugaria nela mesma categorias retiradas de todas as filosofias anteriores”.²⁰¹

Desse modo, Lecourt (1974, p. 47) acredita ter revelado um “profundo paradoxo” na epistemologia bachelardiana: ao mesmo tempo em que Bachelard critica as categorias filosóficas tradicionais frente aos novos conceitos científicos, ele procura salvar essas categorias com o propósito de fazê-las cooperar, “como se ele esperasse de sua comunhão uma espécie de ressurreição em uma adequação reencontrada”.²⁰² A legitimidade dessa “comunhão de categorias tradicionais” estaria justificada, segundo Lecourt (1974), pelo fato de Bachelard

compris ceux de "temps", "espace", "causalité" - restent des "a priori" pour la théorie de la relativité et la théorie quantique, en ce sens qu'ils doivent être utilisés pour décrire les expériences, ou - pour être plus prudents qu'ils sont effectivement utilisés pour cela. Mais, du point de vue de leur contenu, ils sont tout de même modifiés dans le cadre de ces théories nouvelles (...) Je crois de même que l'analyse kantienne de la connaissance contient un savoir authentique, non une croyance vague; et qu'elle reste correcte partout où des êtres vivants, capables de réfléchir, entrent avec leur entourage dans une relation que nous avons appelée, de notre point de vue humain, "expérience". Mais le "a priori" kantien peut lui aussi par la suite être chassé de sa position centrale et devenir partie intégrante d'une analyse beaucoup plus vaste du processus de la connaissance. Il serait certainement erroné, en ce point, de vouloir édulcorer le savoir scientifique ou philosophique à l'aide de la phrase courante "à chaque époque sa vérité". Néanmoins, il faut tout de même se rendre compte que, avec l'évolution historique, la structure de la pensée humaine change également. Le progrès de la science ne s'accomplit pas seulement en ce sens que nous apprenons à connaître et à comprendre des faits nouveaux, mais également en ce sens que nous réapprenons sans cesse ce que signifie le mot 'comprendre'" (HEISENBERG, 2016 [1969], p. 212-213/ 217).

²⁰¹ "doit être un rassemblement philosophique ; une philosophie que conjuguerait en elle-même des catégories issues de toutes philosophies antérieures".

²⁰² "comme s'il attendait de leur communion une manière de résurrection dans une adéquation retrouvée".

considerar uma adequação de determinadas categorias filosóficas do passado aos conceitos científicos clássicos. É o caso das categorias kantianas que teriam sido sancionadas na história como adequadas à física newtoniana. Esta seria a razão pela qual, explica Lecourt (p. 49), Bachelard considera que o kantismo é inapto para pensar as novas mecânicas. No entanto, para ele, o filósofo francês teria sido contraditório ao se permitir fazer o uso dessas categorias tradicionais kantianas para compor uma nova filosofia.

Parece que esse “profundo paradoxo” apresentado por Lecourt (1974, p. 47) é resultado de um equívoco. Ao olharmos com mais atenção a introdução de *La philosophie du non*, podemos observar que não há nenhuma contradição, mas dois aspectos complementares do projeto de Bachelard em oferecer uma “filosofia adequada” ao espírito científico contemporâneo. O problema então é o de saber o que ele realmente entende por uma “filosofia adequada às ciências”.

O primeiro aspecto é indicado pelo próprio Lecourt (1974): Bachelard (1983 [1940], p. 12-14), ao propor uma “filosofia dispersa”, uma “filosofia distribuída”, ou ainda uma “filosofia diferencial”, recorre aos conceitos filosóficos antigos a fim de compor uma comunhão conceitual, um tipo de “ecletismo filosófico”. “Nós reivindicaremos o direito de utilizar elementos filosóficos desvinculados dos sistemas onde eles se originaram. A força filosófica de um sistema é às vezes concentrada em uma função particular”.²⁰³

Entretanto, como anunciado logo em seguida, essa “filosofia dispersa” tem como função servir a uma análise que deve se concentrar em um exame de uma noção científica particular. “É, portanto, em nossa opinião, no nível de cada noção, que se colocará as tarefas precisas da filosofia das ciências”.²⁰⁴ Na mesma página o filósofo acrescenta que se trata de uma “filosofia do detalhe epistemológico”. Nas primeiras linhas da seção V onde se apresenta o plano da obra, Bachelard escreve que esses detalhes são obscurecidos mediante uma análise mais ampla e que ele fornecerá no primeiro capítulo “um exemplo dessa filosofia dispersa que é, em nossa opinião, a única filosofia capaz de analisar a prodigiosa complexidade do pensamento científico moderno”.²⁰⁵

Os dois primeiros capítulos de *La philosophie du non* analisam as noções de massa e de energia, onde o filósofo explora as diversas explicações metafísicas de um conceito científico,

²⁰³ "nous réclamerons le droit de nous servir d'éléments philosophiques détachés des systèmes où ils ont pris naissance. La force philosophique d'un système est quelquefois concentrée dans une fonction particulière" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 11).

²⁰⁴ "C'est donc, à notre avis, au niveau de chaque notion que se poseraient les tâches précises de la philosophie des sciences" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 14).

²⁰⁵ "un exemple de cette philosophie dispersée qui est, d'après nous, la seule philosophie capable d'analyser la prodigieuse complexité de la pensée scientifique moderne" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 14-15).

delineando o seu *perfil epistemológico*. Trata-se de um exame que deve evidenciar as perspectivas filosóficas que se manifestam no progresso histórico de um determinado conceito científico que carrega uma bagagem de significações diversas.

Por meio desse exame, através de sua “filosofia dispersa”, é possível evidenciar a evolução de uma ideia. Segundo ele, tal ideia perpassa o ponto de vista “do animismo, do realismo, do positivismo, do racionalismo, do racionalismo complexo e do racionalismo dialético”.²⁰⁶ Os dois últimos juntos ele nomeia também *surracionalismo*.²⁰⁷

Em suma, a “filosofia dispersa” como uma filosofia adequada às novas ciências deve fornecer os elementos necessários para instaurar *um exame minucioso de uma determinada noção científica*. Ela é uma “filosofia” que tem uma função particular, porquanto não se ocupa com uma análise acerca dos fundamentos mais gerais de uma ciência, como é o caso da física contemporânea. É por essa razão que, ao tratar de um determinado conceito científico, e que possui uma história, Bachelard reivindica a importância do uso de conceitos filosóficos de qualquer época e de qualquer sistema a fim de fornecer as condições de possibilidade para uma análise completa.

O segundo aspecto da “filosofia adequada da ciência” consiste em uma análise crítica dos sistemas filosóficos tradicionais para dela derivar uma compreensão geral da física contemporânea. Essa análise crítica é o que perpassa toda a epistemologia bachelardiana acerca da mecânica relativística e da mecânica quântica. É por meio dela que Bachelard identifica as insuficiências dos pontos de vista realista e idealista tradicionais para compor uma interpretação dessas novas mecânicas.

²⁰⁶ "de l'animisme, du réalisme, du positivisme, du rationalisme, du rationalisme complexe et du rationalisme dialectique" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 20).

²⁰⁷ No artigo “Le surrationalisme”, de 1936, Bachelard introduz o termo *surracionalismo* para descrever a mudança espiritual desencadeada pelas ciências contemporâneas, o que demandou uma reavaliação do conceito de razão. O racionalismo agora deve não apenas aceitar a experimentação, mas também reconhecer a complexidade das noções, exigindo uma lógica mais sofisticada que vá além dos limites da lógica tradicional (*surlogique*). Isso implica atribuir à razão um papel dinâmico em relação à experiência científica, organizando o real e aplicando seus princípios. Para isso, é essencial considerar as divisões racionais impostas pelas novas ciências: uma divisão interna da razão que envolve uma dialética específica e uma divisão externa que reflete a dinâmica do campo experimental. É nessa interação entre esses dois domínios que reside a inovação do *surracionalismo*. Bachelard distingue a dialética interna da razão de uma dialética *a priori* e abstrata, como a de Hegel. Essa dialética se baseia nas noções introduzidas pelo pensamento geométrico, que admitem uma função *a posteriori*. Essa abertura das noções racionais do pensamento geométrico sugere uma abertura (dialética) dos princípios racionais, sugerindo dinamicidade e flexibilidade da razão. A dialética externa da razão é ditada pelas experiências em física, que também se mostraram dinâmicas, sendo agora guiadas pela própria atividade racional. O *surracionalismo* tem o potencial de reformular as experiências científicas, questionando-as. Essa dialética interna e externa da razão desafia, assim, a concepção tradicional de razão. Um *racionalismo fechado* em seus princípios não consegue dar conta dessa realidade dinâmica. É preciso a *abertura* do racionalismo, que, como veremos na seção 3.1, é o racionalismo kantiano que é objeto dessa abertura.

O resultado dessa análise é a proposta bachelardiana de *flexibilização* das duas filosofias, fazendo-as cooperar mediante conceitos filosóficos retificados à luz de uma atividade dialética. Daí, a proposta de um “novo racionalismo”, o racionalismo aplicado, como uma filosofia adequada à nova física, por sintetizar os domínios da experiência e da razão.

Embora o racionalismo aplicado busque associar os dois pontos de vistas tradicionais, Bachelard (1983) considera que a direção mais forte é determinada pelo racionalismo. Ele escreve que é mediante esse movimento que ele pretende “caracterizar a *filosofia da ciência física contemporânea*. Interpretaremos, portanto, no sentido do racionalismo, a supremacia muito recente da Física matemática” (p. 6 – grifo nosso).²⁰⁸

O racionalismo aplicado também é apresentado como uma “filosofia da ciência aberta” que é adequada à física contemporânea, por ter o poder de dialetizar os princípios do “racionalismo tradicional”²⁰⁹, ultrapassando-os. Em suas palavras: “a filosofia da ciência física é talvez a única filosofia que se aplica determinando uma superação de seus princípios. Em resumo, é a única *filosofia aberta*”.²¹⁰

É no domínio dessa análise crítica das filosofias clássicas que Bachelard (1983 [1940], p. 1) considera que é sempre um ato delicado transplantar sistemas filosóficos do passado para o domínio de uma física que rompeu com as concepções da ciência clássica. Assim ele afirma:

Assim transplantados, os sistemas filosóficos tornam-se estéreis ou enganosos; perdem sua eficácia de coerência espiritual (...) Dever-se-ia concluir, portanto, que um sistema filosófico não deve ser utilizado para outros fins que aquele que ele atribui a si mesmo”.²¹¹

Nessa passagem, fica explícito que, para o filósofo francês, os conceitos dos sistemas filosóficos tradicionais não podem encontrar lugar na filosofia da física contemporânea. Há uma interdição bachelardiana acerca do uso das categorias filosóficas clássicas tomadas *in stricto* para uma interpretação dessa ciência.

Bachelard propõe retificações de determinados conceitos filosóficos clássicos, mas não de todos e quaisquer conceitos das filosofias do passado. Neste ponto, pensamos que Lecourt (1974) tem razão ao tomar como exemplo o racionalismo kantiano como um sistema correlato com as ideias científicas clássicas. Entretanto, ele não enfatiza, tal como é expresso em diversas

²⁰⁸ "caractériser la philosophie de la science physique contemporaine. Nous interpréterons donc, dans le sens d'un rationalisme, la suprématie toute récente de la Physique mathématique".

²⁰⁹ Demonstraremos que esse racionalismo tradicional é, na verdade, o racionalismo kantiano.

²¹⁰ "la philosophie de la science physique est peut-être la seule philosophie qui s'applique en déterminant un dépassement de ses principes. Bref, elle est la seule *philosophie ouverte*" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 7).

²¹¹ "Ainsi transplantés, les systèmes philosophiques deviennent stériles ou trompeurs ; ils perdent leur efficacité de cohérence spirituelle (...) Il faudrait donc conclure qu'un système philosophique ne doit pas être utilisé à d'autres fins que les fins qu'il s'assigne" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 1).

passagens da obra de *La philosophie du non*, que o kantismo é tomado por Bachelard como objeto de uma “reforma profunda” que deve ser operada mediante a *flexibilização* de suas categorias. Daí, a instauração de conceitos como os de *não causalismo*, de *não substancialismo*, de *tempo pensado* e de *espaço pensado*, os quais corroboram com a ideia bachelardiana de um *não kantismo*.²¹² Com a dialetização dos conceitos filosóficos, o filósofo espera “abrir” as categorias do racionalismo, em especial as do racionalismo kantiano como iremos demonstrar, que adquirem novas significações a fim de instaurar seu racionalismo aplicado como filosofia adequada à física contemporânea.

Com a distinção que acabamos de operar entre uma *filosofia adequada para um exame de uma determinada noção científica* e uma *filosofia adequada para um exame geral das ciências* acreditamos ter resolvido o paradoxo enunciado por Lecourt (1974, p. 47). A filosofia adequada da qual Bachelard nos informa tem esse duplo aspecto, um particular e um geral. O que determina a ideia de adequação é o objeto de análise, que pode ser tanto um determinado conceito científico quanto os fundamentos gerais de uma ciência.

Dado que Lecourt (1974, p. 53-54) não reconheceu tais particularidades, especialmente a ideia de que Bachelard não teria alcançado a realização de seu projeto de instaurar uma filosofia adequada e que ele teria seguido o mito das filosofias idealistas clássicas ao pretenderem ser adequadas às ciências de suas épocas, não parece se sustentar. Do nosso ponto de vista, Bachelard não apenas evidenciou a possibilidade de uma análise histórico-epistemológica de um conceito científico ao anunciar a ideia de uma “filosofia dispersa” adequada para tais fins, mas também ofereceu o racionalismo aplicado, como “filosofia aberta” e adequada à física contemporânea.

2.5 O racionalismo aplicado

O racionalismo aplicado foi concebido para abordar a relação estreita entre o pensamento matemático e a experiência técnica da física contemporânea, como têm enfatizado vários comentadores da epistemologia bachelardiana.²¹³ Nas primeiras páginas de *La philosophie du non*, Bachelard explica como seu racionalismo pode servir como fundamento mais apropriado para essa nova física, uma vez que busca estabelecer um diálogo profundo entre a razão e a experiência. Ele assim escreve que:

²¹² Teremos a ocasião de analisar esses conceitos nos capítulos seguintes.

²¹³ Cf. TILES (2013), BULÇÃO (2009), LECOURT (2002) e BARBOSA (1996).

Se pudéssemos então traduzir filosoficamente o duplo movimento que anima atualmente o pensamento científico, perceberíamos 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 vínculo, tão forte quanto aquele que une o prazer e a dor. De fato, *um triunfa dando razão ao outro*: o empirismo precisa ser compreendido; o racionalismo precisa ser aplicado. Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas não pode ser pensado ou ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata, não pode convencer totalmente. Prova-se o valor de uma lei empírica fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência. A ciência, a soma de provas e experimentos, a soma de regras e leis, a soma de provas e fatos, portanto, precisa de uma filosofia de dois polos. Mais precisamente, é necessário um desenvolvimento dialético, pois cada noção é iluminada de forma complementar a partir de dois pontos de vista filosóficos diferentes. Seríamos mal entendidos se viéssemos a ver isto como uma simples admissão de dualismo. Pelo contrário, a polaridade epistemológica é, a nosso ver, a prova de que cada uma das doutrinas filosóficas que esquematizamos com as palavras empirismo e racionalismo é o complemento efetivo da outra. Uma completa a outra. Pensar cientificamente é colocar-se no campo epistemológico entre a teoria e a prática, entre a matemática e a experiência.²¹⁴

Em *Le rationalisme appliqué*, de 1949, Bachelard reafirma sua ideia de que a física contemporânea possui dois polos filosóficos, especificados pelo pensamento matemático e pela experiência técnica que se associam. Essa associação representa uma síntese que determina uma “mentalidade *abstrato-concreta*”²¹⁵ como fundamento da pesquisa teórico-experimental na física. Concordamos com Tiles (2013, p. 321) ao afirmar que não é uma tarefa fácil explicar a *imbricação* entre razão e experiência que Bachelard busca estabelecer com o “racionalismo aplicado”, pois este termo não pode esclarecer *nitidamente* a posição reivindicada pelo filósofo. No entanto, arriscaremos uma explicação sistemática acerca da atividade de cada um dos dois

²¹⁴ "Si l'on pouvait alors traduire philosophiquement le double mouvement qui anime actuellement la pensée scientifique, on s'apercevrait que l'alternance de l'a priori et de l'a posteriori est obligatoire, que l'empirisme et le rationalisme sont liés, dans la pensée scientifique, par un étrange lien, aussi fort que celui qui unit le plaisir et la douleur. En effet, l'un triomphe en donnant raison à l'autre : l'empirisme a besoin d'être compris ; le rationalisme a besoin d'être appliqué. Un empirisme sans lois claires, sans lois coordonnées, sans lois déductives ne peut être ni pensé, ni enseigné ; un rationalisme sans preuves palpables, sans application à la réalité immédiate ne peut pleinement convaincre. On prouve la valeur d'une loi empirique en en faisant la base d'un raisonnement. On légitime un raisonnement en en faisant la base d'une expérience. La science, somme de preuves et d'expériences, somme de règles et de lois, somme d'évidences et de faits, a donc besoin d'une philosophie à double pôle. Plus exactement elle a besoin d'un développement dialectique, car chaque notion s'éclaire d'une manière complémentaire à deux points de vue philosophiques différents. On nous comprendrait mal si l'on voyait là un simple aveu de dualisme. Au contraire, la polarité épistémologique est à nos yeux la preuve que chacune des doctrines philosophiques que nous avons schématisées par les mots empirisme et rationalisme est le complément effectif de l'autre. L'une achève l'autre. Penser scientifiquement, c'est se placer dans le champ épistémologique intermédiaire entre théorie et pratique, entre mathématiques et expérience" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 4-5).

²¹⁵ "En suivant avec attention, c'est-à-dire avec un intérêt passionné, l'activité de la Physique contemporaine, on voit s'animer un dialogue philosophique qui a le mérite d'une exceptionnelle précision : le dialogue de l'expérimentateur pourvu d'instruments précis et du mathématicien qui ambitionne d'informer étroitement l'expérience. (...) La Physique a donc deux : pôles philosophiques. Elle est un véritable *champ de pensée* qui se spécifie en mathématiques et en expériences et qui s'anime au maximum dans la conjonction des mathématiques et de l'expérience. La Physique détermine, comme une éminente synthèse, une mentalité *abstraite-concrète*" (BACHELARD, 2004 [1949], p.1).

domínios da mentalidade *abstrato-concreta*, que surge da interação entre a racionalidade e o experimentalismo na física contemporânea, como base do racionalismo bachelardiano.

No racionalismo aplicado, é o pensamento matemático, especialmente o cálculo diferencial, que representa o domínio da racionalidade. Matemática e razão são entendidas como uma só, na capacidade de organizar não apenas o pensamento teórico, mas também o domínio experimental (Tiles, 2013, p. 322). A matemática, quando aplicada à experiência, desempenha uma função indutora (construtora) do real científico que possibilita a construção dos objetos do conhecimento. Desse modo, a matemática não é uma simples linguagem para descrever os fenômenos, como era na ciência da modernidade. Segundo Bachelard, “os tempos de uma epistemologia que considerava a matemática como um simples meio de expressar as leis físicas estão terminados. A matemática da Física [contemporânea] é mais “engajada”.²¹⁶ Ele ainda acrescenta:

Tem sido dito muito rapidamente que a matemática é uma simples linguagem que expressa, à sua maneira, fatos de observação. Esta linguagem é, mais do que qualquer outra, inseparável do pensamento. Não se pode falar das matemáticas sem entendê-las matematicamente.²¹⁷

Segundo Bulcão (2009, p. 104-105; 141), no racionalismo bachelardiano, o pensamento matemático “tem valor indutivo, isto é, inventivo, pois através de seu raciocínio proliferante cria todas as variáveis possíveis de um fenômeno” artificial. Trata-se de um conjunto de conceitos que visa às aplicações técnicas. Segundo a autora, “um símbolo matemático contém em si todas as condições de aplicação possíveis. Ele sintetiza em si mesmo, portanto, as possibilidades de existência de um fenômeno”. Ela ainda escreve que, para Bachelard, o pensamento algébrico é capaz de organizar a experiência, ele “abre caminhos a investigações racionalistas diversas”. Como também explica Tiles (2013, p. 326):

as matemáticas são parte integrante dos processos de pensamento dos cientistas. Elas não são apenas uma linguagem cômoda: pensar em algo em termos matemáticos é pensar de tal forma que o processo de pensamento é induzido por procedimentos matemáticos que já não são apenas matemáticos, mas incorporados fisicamente.²¹⁸

²¹⁶ "Les temps d'une épistémologie qui considérait les mathématiques comme un simple moyen d'expression des lois physiques sont passés. Les mathématiques de la Physique sont plus « engagées »" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 3).

²¹⁷ "On a trop vite dit que la mathématique était un simple langage qui exprimait, à sa manière, des faits d'observation. Ce langage est, plus que tout autre, inséparable de la pensée. On ne peut pas *parler* les mathématiques sans les *comprendre* mathématiquement" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 180).

²¹⁸ "les mathématiques sont partie intégrante des processus de pensée des scientifiques. Elles ne sont pas juste un langage commode : penser à quelque chose en termes mathématiques revient à le penser de telle manière que le processus de pensée est induit par des procédures mathématiques qui ne sont déjà plus seulement mathématiques mais incarnées physiquement".

As hipóteses matemáticas não se restringem a meras elaborações teóricas, uma vez que elas coordenam a criação dos instrumentos técnicos pelos quais os fenômenos quânticos são construídos. “Elas constituem a espinha dorsal de nossa ciência instrumental”.²¹⁹ A coordenação racional da experiência não só determina a criação dos objetos, mas também a precisão dos instrumentos de medição pelos quais eles são verificados experimentalmente. Estes instrumentos técnicos são “teorias materializadas”, dotados de um propósito específico, que é o de realizar os objetos de estrutura matemática do pensamento puro.

Em *Les intuitions atomistiques*, Bachelard afirma que “um instrumento, na ciência moderna, é realmente um teorema reificado”.²²⁰ Em *Le rationalisme appliqué*, ele enfatiza que “nenhum físico gastaria “seus créditos” para construir um instrumento sem destinação teórica”.²²¹ Em *La formation de l'esprit scientifique*, o filósofo explica que esses aparelhos não podem ser considerados como simples ampliadores dos sentidos humanos, eles são “mais um prolongamento do espírito que do olho”.²²² Isso por que esses instrumentos são elaborados com base em uma teoria fundamentada matematicamente. Assim, essa dimensão instrumental adquire seu valor junto ao pensamento racional, uma vez que este, como acabamos de evidenciar, determina a finalidade dos aparelhos técnicos, os quais moldam a experiência científica. Bachelard denomina essa dimensão instrumental de *materialismo técnico*.

Segundo Lecourt (2002, p. 70), na concepção bachelardiana de *materialismo técnico*, a atividade racional se manifesta na construção de “instrumentos teoricamente definidos e na montagem de aparelhos de acordo com programas de realização racional, a fim de fazer *acoplamentos* entre o abstrato e o concreto”.²²³ Esses dispositivos, que são inovações da física do século XX, são essenciais na construção dos objetos do conhecimento. Conforme o autor, o *materialismo técnico* “corresponde essencialmente a uma realidade transformada, a uma realidade retificada, a uma realidade que recebeu a marca humana por excelência, a marca do racionalismo”.²²⁴

Assim, o conceito bachelardiano de *materialismo técnico* descreve o conjunto de instrumentos técnicos que não têm como objetivo reconstruir (como representação) os objetos

²¹⁹ "Elles constituent la charpente même de notre science instrumentale" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 141).

²²⁰ "*Un instrument, dans la science moderne, est véritablement un théorème réifié*" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 140).

²²¹ "Aucun physicien ne dépenserait « ses crédits » pour faire construire un instrument sans destination théorique" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 3).

²²² "un prolongement de l'esprit plutôt que de l'œil" (BACHELARD, 1977 [1938], p. 242).

²²³ "Consiste par le biais de mises au point d'instruments théoriques définis et par celui de montages d'appareils suivant des programmes de réalisation rationnelle à effectuer des *couplages* entre l'abstrait et le concret".

²²⁴ "Le matérialisme technique correspond essentiellement à une réalité transformée, à une réalité rectifiée, à une réalité qui précisément a reçu la marque humaine par excellence, la marque du rationalisme" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 9).

comuns e sensíveis no espírito, mas sim buscar “um fenômeno preciso, esquematizado, impregnado de teoria”. Diferentemente do fenômeno clássico, o fenômeno quântico não é “*encontrado, mas produzido*”.²²⁵ Os novos instrumentos, que Bachelard (1975 [1933], p. 138) denomina de “atomísticos instrumentais”, concretizam as estruturas matemáticas. Desse modo, o domínio experimental não recusa a ação racional. “A experiência não é mais um ponto de partida, nem mesmo é um simples guia; ela é um *objetivo*”.²²⁶ Ela é um ponto de chegada no qual o objeto quântico se realiza, por meio de uma síntese entre razão e experimentação.

Os conceitos de *racionalismo aplicado* e *materialismo técnico* são assim indissociados. É preciso ler com certa cautela as afirmações de Bulcão (2009) quando destaca que “*ao lado* da noção de racionalismo aplicado, Bachelard coloca a de materialismo técnico, que, segundo ele, constitui um estudo do material utilizado pela ciência para a organização de suas experiências” (p. 119 – grifo nosso). Da mesma forma, Lecourt (2002) argumenta que estudar os dois conceitos *separadamente* é “instituir em cada um deles uma *distinção* frutífera para as duas doutrinas de uma *reciprocidade* fecunda” (p. 71).²²⁷ Ambos os autores reconhecem, no entanto, que a *relação estreita* entre os dois conceitos é o próprio fundamento do racionalismo de Bachelard.

É verdade que Bachelard aborda ambos os conceitos de forma distinta em algumas passagens de suas obras, mas também é verdade que ele incessantemente enfatiza a síntese entre o que eles representam. Embora a separação entre os dois conceitos possa enriquecê-los como disciplinas específicas, como sugere Lecourt (2002), é importante reconhecer que essa fragmentação pode levar a uma distinção rígida, semelhante à adotada pelo positivismo lógico entre a dimensão analítica e a dimensão sintética do conhecimento científico contemporâneo, resultando em uma concepção dualista do racionalismo totalmente contrária aos seus propósitos. Essa é a razão pela qual consideramos a explicação de Barbosa (1996) mais pertinente. A autora afirma que o racionalismo aplicado deve ser entendido “por uma consciência de interpretação instrumental e teórica, que torna impossível dividir um pensamento experimental puro e uma teoria pura” (p. 50). A autora deixa claro que o racionalismo bachelardiano deve ser apenas “compreendido por essa relação”. O conhecimento

²²⁵ “un phénomène précisé, schématisé, imprégné de théorie. Non pas trouvé, mais produit” (BACHELARD, 1975 [1933], p. 139).

²²⁶ “L’expérience n’est plus un point de départ, elle n’est même plus un simple guide ; elle est un *but*” (BACHELARD, 1975 [1933], p. 229).

²²⁷ “instituer en chacune une *distinction* productrice pour les deux doctrines d’une *reciprocité* féconde”.

científico é o resultado dessa interação. Essa ideia é igualmente explicada por Tiles (2013, p. 321) ao escrever que, em Bachelard, o conhecimento científico,

não é proposto primeiro como teoria para ser em seguida colocado à prova experimentalmente (como um popperiano gostaria); o papel que Bachelard atribui à razão é o de ser engajado experimentalmente. O racionalismo aplicado é, portanto, uma contribuição para o raciocínio engajado experimentalmente (materialmente), não um raciocínio teórico aplicado após o fato.²²⁸

Entretanto, o que Barbosa (1996) e Tiles (2013) não consideraram em suas análises é que essa posição bachelardiana de uma “síntese estreita” entre racionalismo e empirismo, realizada através do racionalismo aplicado, revela-se eminentemente em uma *perspectiva transcendental*, ponto que iremos aprofundar no terceiro capítulo desta tese.

Embora o racionalismo bachelardiano busque estabelecer uma síntese profunda entre empirismo e racionalismo, o processo de construção do objeto do conhecimento na pesquisa física tem como ponto de partida o domínio da razão. Bachelard escreve que na filosofia da física contemporânea uma direção do movimento epistemológico merece destaque, qual seja, a que vai da razão para a experiência. Dessa forma, ele conclui que se deve interpretar “no sentido de um racionalismo, a supremacia muito recente da Física matemática”.²²⁹ O filósofo francês adota, portanto, uma posição racionalista na qual a razão tem uma função dominante (Tiles, 2013, p. 321).

Segundo Bachelard, “[é] a reflexão que dará sentido ao fenômeno inicial, sugerindo uma *sequência orgânica de pesquisa*, uma perspectiva racional de experiências. Não podemos, *a priori*, confiar na instrução que o dado imediato pretende nos fornecer”.²³⁰ O modelo teórico-matemático tem, portanto, primazia sobre a experiência técnica (Castelão-Lawless, 2012). Isso significa que os objetos quânticos são construções racionais, na medida em que eles são pensados matematicamente como *objetos do pensamento e concretizados como objetos da experiência técnica* (Bachelard, 2004 [1949]). Eles são precisamente os “objetos” do racionalismo aplicado”.²³¹

²²⁸ "Elle n'est pas proposée d'abord en tant que théorie pour être ensuite mise à l'épreuve expérimentalement (comme un poppérien le voudrait) ; le rôle que Bachelard assigne à la raison est d'être expérimentalement engagée. Le rationalisme appliqué est par conséquent une contribution au raisonnement engagé expérimentalement (matériellement), et non un raisonnement théorique appliqué après coup".

²²⁹ "Nous interpréterons donc, dans le sens d'un rationalisme, la suprématie toute récente de la Physique mathématique" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 6).

²³⁰ "c'est la réflexion qui donnera un sens au phénomène initial en suggérant une suite organique de recherches, une perspective rationnelle d'expériences. Nous ne pouvons avoir *a priori* aucune confiance en l'instruction que le donné immédiat prétend nous fournir" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 13-14).

²³¹ "Ce sont précisément des « objets » du rationalisme appliqué" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 87).

É neste ponto que o conceito bachelardiano de *fenomenotécnica* ganha significação, sendo uma noção que representa o racionalismo aplicado (Barbosa, 2003, p. 35), uma vez que descreve a atividade teórico-experimental da física contemporânea na construção de seus objetos. Estes objetos são o *resultado* da aplicação das estruturas matemáticas a uma “experiência transcendente”,²³² isto é, em um campo experimental que não se refere às intuições sensíveis, e que fornecem as condições para que um conceito possa ser aplicado. Como resultado desse processo, compreende-se que não existe em mecânica quântica “objetos prontos”, como é o caso dos objetos do conhecimento comum e sensível da mecânica clássica. Segundo Bachelard (1977 [1938], p. 61), a *fenomenotécnica*, como atividade de construção dos objetos, substitui a fenomenologia da ciência clássica. Como ele escreve em *L’activité rationaliste de la physique contemporaine*, de 1951:

de todos os corpúsculos da física moderna, só é possível fazer um estudo *fenomenotécnico*. O filósofo deve notar aqui a grande diferença entre a fenomenologia naturalista e a fenomenotécnica na qual os físicos contemporâneos trabalham. Na fenomenotécnica, nenhum fenômeno aparece *naturalmente*, nenhum fenômeno é primordial, nenhum é *dado*. É preciso *constitui-lo* e ler suas características *indiretamente*, com uma consciência sempre alerta da *interpretação* instrumental e teórica, sem que o espírito jamais se divida em pensamento experimental puro e teoria pura.²³³

A seguinte passagem de *Le rationalisme appliqué* resume nitidamente as considerações acima acerca do racionalismo bachelardiano, ao mesmo tempo em que aponta para os limites das bases fundamentais dos racionalismos clássicos. Citamos Bachelard longamente:

sem racionalidade vazia, sem empirismo desarticulado, estas são as duas obrigações filosóficas que fundam a estreita e precisa síntese da teoria e da experiência na Física contemporânea. Esta *bi-certeza* é essencial. Se falta um dos termos, pode-se fazer experiências, pode-se fazer matemática; não se participa da atividade científica da ciência física contemporânea. Esta bi-certeza só pode ser expressa por uma filosofia com dois movimentos, por um diálogo. Mas este diálogo é tão apertado que dificilmente se pode reconhecer nele o traço do velho dualismo dos filósofos. Não se trata mais de confrontar um espírito solitário e um universo indiferente. Agora é necessário colocar-se no centro onde o espírito conhecedor é determinada pelo objeto preciso de seu conhecimento e onde, em troca, ele determina com mais precisão sua experiência. É justamente nesta posição central que a dialética da razão e da técnica encontra sua eficácia. Tentaremos nos estabelecer nesta posição central onde se manifestam tanto um *racionalismo aplicado* como o *materialismo instruído*. (...) É por suas aplicações que o racionalismo conquista seus valores objetivos. Portanto, não se trata mais de confiar em um racionalismo formal, abstrato e universal para julgar o

²³² Voltaremos a discutir esse conceito na seção 3.2

²³³ "de tous les corpuscules de la physique moderne, on ne peut faire qu'une étude *phénoménotechnique*. Le philosophe devra donc noter ici la grande différence entre la phénoménologie naturaliste et la phénoménotechnique à laquelle travaillent les physiciens contemporains. Dans la phénoménotechnique, aucun phénomène n'apparaît *naturellement*, aucun phénomène n'est de premier aspect, aucun n'est *donné*. Il faut le *constituer* et en lire les caractères indirectement, avec une conscience toujours éveillée de l'*interprétation* instrumentale et théorique, sans que jamais l'esprit ne se divise en pensée expérimentale pure et théorie pure" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 92).

pensamento científico. É necessário alcançar um racionalismo concreto, solidário das experiências sempre específicas e precisas. É preciso também que este racionalismo seja suficientemente *aberto* para receber da experiência determinações novas. Vivendo um pouco esta dialética de perto, nos convencemos da realidade eminente dos *campos de pensamento*. Nestes campos epistemológicos se trocam os valores do racionalismo e do experimentalismo.²³⁴

Do nosso ponto de vista, o racionalismo aplicado de Bachelard, ao buscar uma síntese entre razão e experiência e enfatizar uma posição intermediária entre racionalismo e empirismo, carrega uma perspectiva transcendental. No terceiro capítulo, veremos como a ressignificação bachelardiana da síntese kantiana contribui para uma compreensão mais aprofundada, ao incorporar essa perspectiva na proposta do racionalismo aplicado, favorecendo uma interpretação neokantiana de seu projeto epistemológico. Além da influência direta e indireta de Kant, também é possível identificar a influência do neokantismo francês, com Bachelard se valendo das reflexões de Renouvier e Brunschvicg, conforme delinearemos nas próximas seções.

2.6 A dualidade racional-empírica do objeto quântico e Renouvier

Na introdução de *Le nouvel esprit scientifique*, Bachelard ressalta o caráter racional e técnico da atividade científica contemporânea (*fenomenotécnica*), isto é, da realização de projetos racionais por meio dos instrumentos técnicos de medição, que são, eles mesmos, teorias materializadas, conforme vimos acima. Ele explica que essa atividade apresenta uma “dicotomia filosófica essencial” entre racionalismo e empirismo que pode ser resumida pelo dilema que Renouvier apresentou em sua obra *Les dilemmes de la métaphysique pure* como

²³⁴ "En résumé, pas de rationalité à vide, pas d'empirisme décousu, voilà les deux obligations philosophiques qui fondent l'étroite et précise synthèse de la théorie et de l'expérience dans la Physique contemporaine. Cette *bicertitude* est essentielle. Si l'un des termes manque, on peut bien faire des expériences, on peut bien faire des mathématiques ; on ne participe pas à l'activité scientifique de la science physique contemporaine. Cette bicertitude ne peut s'exprimer que par une philosophie à deux mouvements, par un dialogue. Mais ce dialogue est si serré qu'on ne peut guère y reconnaître la trace du vieux dualisme des philosophes. Il ne s'agit plus de confronter un esprit solitaire et un univers indifférent. Il faut désormais se placer au centre où l'esprit connaissant est déterminé par l'objet précis de sa connaissance et où, en échange, il détermine avec plus de précision son expérience. C'est précisément dans cette position *centrale* que la dialectique de la raison et de la technique trouve son efficacité. Nous essaierons de nous installer dans cette position centrale où se manifestent aussi bien *un rationalisme appliqué* qu'*un matérialisme instruit*. (...) C'est par ses applications que le rationalisme conquiert ses valeurs objectives. Il ne s'agit donc plus, pour juger la pensée scientifique, de s'appuyer sur un rationalisme formel, abstrait, universel. Il faut atteindre un rationalisme concret, solidaire d'expériences toujours particulières et précises. Il faut aussi que ce rationalisme soit suffisamment *ouvert* pour recevoir de l'expérience des déterminations nouvelles. En vivant d'un peu près cette dialectique, on se convainc de la réalité éminente des *champs de pensée*. Dans ces champs épistémologiques s'échangent les valeurs du rationalisme et de l'experimentalisme" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 3-4).

dilema da substância. Isso significa uma novidade nos estudos bachelardianos que pretendo explorar nesta seção, mas que poderá ser aprofundada em investigações futuras.

Bachelard atribui uma grande importância a esse dilema, argumentando que ele teria fornecido elementos importantes para se compreender a dualidade racional-empírica dos novos objetos do conhecimento. Em suas palavras:

É talvez nesta atividade da ideia técnica que se obtém a melhor compreensão da dicotomia filosófica essencial, resumida no segundo dilema metafísico de Renouvier sob o nome de dilema da substância. Este dilema é de importância decisiva, pois envolve todos os outros.²³⁵

Esse dilema é apresentado por Renouvier no segundo capítulo²³⁶ de sua obra supracitada. Na conclusão, ele elabora um resumo do qual Bachelard retira a seguinte passagem: “ou “a substância é... um sujeito lógico de qualidades e relações indefiníveis” ou a “substância é um ser em si, e, como ser em si, indefinível, incognoscível”.²³⁷ No entanto, pode-se observar que Bachelard comete um erro de citação, pois onde se lê *relações indefiníveis* é preciso ler *relações definíveis*, conforme escrito por Renouvier na seguinte passagem de sua obra dedicada a Boutroux.

Tese Uma substância é, na acepção filosófica do termo, um sujeito lógico de qualidades e de *relações definíveis*, seja essencial ao conceito desse sujeito, seja podendo se relacionar a ele na lógica do pensamento ou na ordem da experiência.

Antítese Uma substância é um ser em si, e, como em si, indefinível, incognoscível, que é o lugar das qualidades e o termo comum das relações pertencentes às classes ou aos grupos de fenômenos ligados entre eles. A substância, universalmente falando, é a mesma coisa que o Incondicionado ao qual relacionamos então todos os atributos e todos os modos de ser possível (grifo nosso).²³⁸

Essa correção é crucial para compreender o argumento de Bachelard (1999 [1934], p. 17-18), que procura avançar em relação a Renouvier, a partir do dilema da substância proposto. Ele considera que, face à física contemporânea, é preciso transformar o dilema em um trilema,

²³⁵ "C'est peut-être dans cette activité de l'idée technique qu'on prend la meilleure mesure de la dichotomie philosophique essentielle, résumée dans le deuxième dilemme métaphysique de Renouvier sous le nom de dilemme de la substance. Ce dilemme est d'une importance décisive car il entraîne tous les autres" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 16-17 – itálico souligné par l'auteur).

²³⁶ Cf. RENOUVIER (1901 [1901], p. 55-98).

²³⁷ "ou bien "la substance est... un sujet logique de qualités et de relations indéfinissables", ou bien la "substance est un être en soi, et, en tant qu'en soi, indéfinissable, inconnaissable" (RENOUVIER apud BACHELARD, 1999 [1934], p. 17).

²³⁸ "*Thèse* Une substance est, dans l'acception philosophique du terme, un sujet logique de qualités et de relations définissables, soit essentielles pour le concept de ce sujet, soit pouvant s'y rapporter dans logique de la pensée ou dans l'ordre de l'expérience. *Antithèse* Une substance est un être en soi, et, en tant qu'en soi, indéfinissable, inconnaissable, qui est le siège des qualités et le terme commun des relations afférentes à des classes ou à des groupes de phénomènes liés entre eux. La Substance, universellement parlant, est la même chose que l'Inconditionné auquel on rapporte alors tous les attributs et tous les modes d'être possibles" (RENOUVIER, 1901 [1901], p. 248-249).

acrescentando-lhe um “terceiro termo”, o “substantivo substancializado”.²³⁹ Na física contemporânea, a substância, como um sujeito lógico de relações *definíveis*, substancializa-se. Segundo Bachelard, isso representa uma transição “do primeiro sentido renouvieriano ao segundo”.²⁴⁰ No entanto, pensamos que se trata de uma transição do primeiro sentido proposto por Renouvier para o terceiro sentido oferecido por Bachelard.

Uma vez que sua referência a Renouvier se insere na tese da construção dos novos objetos do conhecimento, que são o resultado da realização de um projeto racional em um experimento, pensamos que sua atualização da ideia do filósofo francês neokantiano pode ser mais satisfatoriamente entendida por meio da seguinte explicação: em vez de *introduzir* um terceiro termo no dilema renouvieriano, como sugere Bachelard, parece ser preferível, a título de entendimento, *substituir* a antítese renouvieriana pelo termo *substancializado*, indicado por ele. Com efeito, a ideia de “substância como um ser em si, indefinível e incognoscível” não parece se adequar ao argumento bachelardiano da dialética entre razão e experiência da atividade científica contemporânea.

Esse argumento não permite pensar em uma transição do primeiro sentido ao segundo, isto é, da tese para a antítese renouvierianas, na medida em que Bachelard tem por objetivo explicar a realização do sujeito lógico em um experimento, e não a transição do sujeito lógico a uma substância em si ou a um númeno no sentido kantiano do termo. Bachelard, que pensa na realização dos modelos-teóricos mediante a experimentação, mantém o primeiro sentido proposto por Renouvier (a substância como sujeito lógico) e, ao descartar o segundo (a substância como um ser em si), apresenta um terceiro sentido, a saber, o da concretização do sujeito lógico na experiência técnica.

Ainda em *Le nouvel esprit scientifique*, o dilema da substância é pressuposto por Bachelard a fim de explicitar a dualidade apresentada pelos objetos quânticos e de criticar o realismo como uma filosofia ineficaz no entendimento desses microfenômenos. Bachelard escreve que “a opinião realista não dá conta suficientemente da dualidade da ideia de substância que apontamos, de acordo com Renouvier, em nossa introdução”.²⁴¹ Essa dualidade se manifesta na atividade científica da seguinte forma: Na montagem dos instrumentos de medições, o físico parte do real comum. No entanto, ele dá “meia-volta” quando intervém o pensamento experimental. O objeto quântico “é então inscrito como sujeito lógico, e não mais

²³⁹ “un troisième terme : le substantif substantialisé” (BACHELARD, 1999 [1934], p. 17).

²⁴⁰ “du premier sens renouvieriste au second” (BACHELARD, 1999 [1934], p. 18).

²⁴¹ “L'opinion réaliste ne tient pas assez compte de la dualité de l'idée de substance que nous avons signalée, d'après Renouvier, dans notre introduction” (BACHELARD, 1999 [1934], p. 136).

substancial, do pensamento teórico”.²⁴² O microfenômeno, designado como sujeito lógico, razão pela qual o pensamento realista se mostra ineficaz, oferece as condições de ser concretizado mediante a experiência técnica.

Com base nas considerações precedentes, podemos observar que Bachelard, ao pensar sua filosofia do objeto do conhecimento, reconhece na reflexão de Renouvier uma fecundidade para explicar a dialética entre a atividade racional e experimental por meio das quais se constrói os fenômenos em mecânica quântica. Bachelard não exclui o segundo dilema apresentado em *Les dilemmes de la métaphysique pure*, mas o pressupõe, retificando-o, conforme analisamos acima. A atualização do segundo dilema renouvieriano tem como base a sua distinção entre *objetos do pensamento e objetos da experiência técnica*.²⁴³

Desse modo, como *objeto do pensamento*, o objeto quântico é a substância pensada como um sujeito lógico, no sentido renouvieriano do termo. Como *objeto da experiência técnica*, o objeto microfísico é a substância pensada como o *substantivo substancializado*, isto é, como a realização experimental do sujeito lógico. Essa distinção, identificada parcialmente nas ideias do filósofo neokantiano, caracteriza a dualidade filosófica dos objetos quânticos, que são designados por Bachelard como objetos *abstratos-concretos* do racionalismo aplicado, conforme destacamos na seção anterior.

2.7 O racionalismo aplicado e Brunschvicg

Em seu artigo *La philosophie scientifique de Léon Brunschvicg*, de 1945, Bachelard, ao apresentar as considerações acerca das ideias de seu mestre, lança luz sobre os fundamentos de sua própria epistemologia. Na segunda parte de seu trabalho, ele apresenta a ideia de alternância entre razão e experiência como marca de um “novo racionalismo”. Conforme exposto anteriormente na seção dedicada ao racionalismo aplicado, essa perspectiva se configura como o fundamento do racionalismo bachelardiano. No entanto, nesta seção, mostraremos que Bachelard não só identifica em Brunschvicg a origem dessa reflexão, mas também se propõe a aprofundá-la.

Segundo Bachelard (1972 [1972]), em *L'expérience humaine et la causalité physique*, Brunschvicg reconheceu que a física contemporânea une razão e experiência de forma solidária. Ele escreve que sua dialética trabalha no campo situado entre os dois pares metafísicos que

²⁴² "est alors inscrit comme sujet logique et non plus substantiel de la pensée théorique" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 137).

²⁴³ Cf. (BACHELARD, 1965 [1951], p. 80).

representam a razão e a experiência. Esses dois pares, que ele denomina *doublets brunshvicguianos*, representam duas linguagens, a saber, a do domínio experimental e a do domínio teórico. Elas se encontram em constante estado de transposição. Em suas palavras:

Então, a dialética brunshvicguiana ganha vida; ela opera no mensurável e no mensurado - no numerante e no numerado - no determinante e no determinado - no instrumento e no instrumentalizado. Ele fala sobre relatividade relativa e relatividade relacionada.

A linguagem brunshvicguiana é particularmente enriquecida por esses *pares metafísicos*. Para compreender toda a dinâmica presente no pensamento brunshvicguiano, é necessário dominar ambos os idiomas, ser capaz de realizar uma transposição constante, uma transposição recíproca, conectando continuamente o relacionado ao relacional. Um elo é indispensável entre os dois termos de um *par brunshvicguiano*. Assim, compreende-se que as duas traduções - a tradução da experiência científica e a tradução da coerência racional - revelam um único logos, o logos da realidade humana, o logos humanizador, humanizado.²⁴⁴

Bachelard (1972 [1972], p. 173-174) explica que a alternância entre os *doublets brunshvicguianos*, isto é, entre o pensamento inerente ao campo da experiência e o pensamento relativo ao campo racional, caracteriza o racionalismo de Brunshvicg como uma filosofia fecunda para a interpretação da física contemporânea. Ele a contrapõe à filosofia de Meyerson que, segundo ele, teria dois “polos distanciados” entre os quais não haveria um “campo ativo”.²⁴⁵ Os *doublets brunshvicguianos* não são pensados como ideias extremas. “Brunshvicg abandona estas cristalizações espirituais extremas. Ele procura todas as ocasiões para determinar variações na teoria do conhecimento”,²⁴⁶ variações entre racionalismo e empirismo.

Bachelard ainda acrescenta: “é no centro mesmo da dialética da informação experimental e da informação racional que se situa o racionalismo brunshvicguiano”.²⁴⁷ É exatamente nesse centro, “nesse campo magnetizante de categorias, nesse campo gravitacional de experiências, que nasceu uma grande filosofia da cultura objetiva do pensamento

²⁴⁴ "Alors la dialectique brunshvicguienne s'anime ; elle joue sur le mesurant et le mesuré - le nombrant et le nommé - le déterminant et le déterminé - l'instrument et l'instrumenté. Il parle de relativité relatante et de relativité relatée. Le langage brunshvicgien est particulièrement enrichi par ces *doublets métaphysiques*. Si l'on veut recevoir toute l'animation que comporte la pensée brunshvicguienne, il faut savoir parler les deux langues, il faut être en état de transposition constante, de transposition réciproque, en référant sans cesse le relaté au relatant. Un trait d'union est indispensable entre les deux termes d'un *doublet brunshvicgien*. Alors on comprend que les deux traductions : la traduction de l'expérience scientifique et la traduction de la cohérence rationnelle, révèlent un logos unique, le logos de la réalité humaine, le logos humanisant, humanisé" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 173).

²⁴⁵ Essa crítica a Meyerson, bem como a referência a Brunshvicg também podem ser encontradas em *Le rationalisme appliqué*. Cf. BACHELARD (2004 [1949], p. 9-10).

²⁴⁶ "Brunshvicg abandonne ces cristallisations spirituelles extrêmes. Il recherche toutes les occasions de déterminer les variations de la théorie de la connaissance" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 174).

²⁴⁷ "C'est au centre même de la dialectique de l'information expérimentale et de l'information rationnelle qu'est placé le rationalisme brunshvicgien" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 174).

científico”.²⁴⁸ O parágrafo conclusivo da seção no artigo bachelardiano enfatiza o alinhamento entre as duas epistemologias no que tange à síntese entre razão e experiência, identificando tal união como uma característica fundamental do pensamento científico contemporâneo. Além disso, destaca a esterilidade das filosofias tradicionais diante desse desenvolvimento.

Léon Brunschvicg viu claramente a dupla característica da atividade da razão. A razão é simultaneamente o poder de integração e o poder de diferenciação. Talvez a característica metafísica mais marcante da filosofia da ciência de Léon Brunschvicg seja o seu entendimento de que a síntese destes dois poderes é uma *reciprocidade* exata. O poder de integração é a recíproca exata do poder de discriminação. A minúcia da experiência científica reage em profundidade sobre a coerência racional da teoria, coerência que, por sua vez, revela a sua fecundidade para a investigação redobrada pela finura experimental. Razão absoluta e realidade absoluta são dois conceitos filosoficamente inúteis.²⁴⁹

Em *Le rationalisme appliqué*, de 1949, Bachelard volta a fazer referência aos *doublets brunshvicguianos*, não apenas reconhecendo a fertilidade dessa noção para a abordagem mais adequada para o entendimento da física contemporânea, como também procurando avançar em relação a Brunschvicg nesse contexto. “Ao multiplicar o número de formas recíprocas que designámos por *doublets brunshvicguianos*, esperamos aproximar a *coerência* do pensamento racional e a *coesão* do materialismo técnico”.²⁵⁰ No entanto, esses *doublets* formados por Brunschvicg “devem ser ainda mais *rigorosos* para ter em conta a forte *ligação* entre ideias e experiências que se manifestam no desenvolvimento da física e da química contemporâneas”.²⁵¹

Como se evidencia, o avanço que Bachelard propõe em relação a Brunschvicg se configura mais como um aprofundamento do que como uma ruptura com seu racionalismo. Esse ponto foi salientado por Dagognet (1965, p. 52), que, embora reconheça a existência de elementos distintos nas duas epistemologias, não as considerando como um pensamento unificado, ressalta como Bachelard estruturou o *doublet* de Brunschvicg, unindo de forma mais estreita os domínios da racionalidade e da experimentação. Dagognet afirma que Bachelard não

²⁴⁸ "dans ce champ magnétisant des catégories, dans ce champ gravitant des expériences, a pris naissance une grande philosophie de la culture objective de la pensée scientifique" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 174).

²⁴⁹ "Léon Brunschvicg a bien vu le caractère double de l'activité de raison. La raison est, à la fois, puissance d'intégration et puissance de différenciation. Ce qui fait peut-être le caractère métaphysique le plus marquant de la philosophie des sciences de Léon Brunschvicg, c'est d'avoir compris que la synthèse de ces deux puissances était une exacte *reciprocité*. La puissance d'intégration est l'exacte réciproque de la puissance de discrimination. Le détail fin trouvé dans l'expérience scientifique réagit en profondeur sur la cohérence rationnelle de la théorie, cohérence qui révèle à son tour sa fécondité pour une recherche redoublée de finesse expérimentale. Raison absolue et réel absolu sont deux concepts philosophiquement inutiles" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 174).

²⁵⁰ "En multipliant le nombre des formes réciproques que nous avons appelées les *doublets brunshvicgiens*, nous espérons rapprocher la *cohérence* de la pensée rationnelle et la *cohésion* du matérialisme technique" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 10).

²⁵¹ "doivent être encore plus *serrés* pour bien rendre compte du fort *couplage* des idées et des expériences qui se manifeste dans le développement de la physique et de la chimie contemporaines" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 10).

apenas refinou ainda mais a abordagem de seu mestre, mas também se envolveu profundamente com ela.

Não apenas Bachelard “estreitou” o par brunshvicguiano, mas também o comprometeu mais profundamente: ele solidariza laboratório e teoria; de um lado, os materiais delicados, os materiais diferenciados e as substâncias diversas, do outro, os projetos, os símbolos e as multiestrutas. Ao ser examinada mais de perto, em sua luta ou esforço, a razão se mostra mais ativa, suscetível a conversões e transformações mais radicais (DAGOGNET, 1965, p. 52).²⁵²

Indiscutivelmente, o racionalismo aplicado de Bachelard é influenciado pelo pensamento de Brunshvicg, que não apenas criticou a posição de um real e de uma razão absolutos, mas também enfatizou a síntese entre razão e experiência. Em *Le rationalisme appliqué*, o filósofo francês escreve:

Léon Brunshvicg percebeu a fragilidade dessa posição absoluta e frequentemente insistiu na relatividade essencial da razão e da experiência. (...) De fato, veremos que é ao colocar sistematicamente em uma dialética de cooperação a razão e o objeto científico que garantiremos da melhor forma as características racionais do materialismo técnico e, inversamente, as características reais do racionalismo aplicado.²⁵³

Com efeito, a influência de Brunshvicg no racionalismo aplicado de Bachelard parece ser tão marcante que se pode questionar a sua originalidade, a qual tem sido afirmada por comentadores que enfatizam a ideia segundo a qual o racionalismo aplicado é um racionalismo inteiramente novo, sendo este o caso das análises de Bulcão (2018), Lecourt (2002) e Barbosa (1996).

Dagognet (1965, p. 45), que reconhece os avanços apresentados por Bachelard em relação a Brunshvicg, chega a suscitar questionamentos sobre a originalidade das ideias bachelardianas: “Aparentemente, Bachelard não inventou nada e não contribuiu com nada. Não terá ele retomado os temas que Brunshvicg tinha desenvolvido extensivamente antes dele?” Dagognet ainda acrescenta que “a maior parte dos comentários de Bachelard podem ser encontrados em *Les étapes de la philosophie mathématique* (1912) e *L’expérience humaine et*

²⁵² "Non seulement Bachelard a « resserré » le doublet brunshvicgien, mais il l'a davantage engagé : il solidarise laboratoire et théorie ; d'un côté, le matériel délicat, les matériaux différenciés et les matières diverses, de l'autre, les projets, les symboles et les multistruktures. Saisie de plus près, dans sa lutte ou son effort, la raison se montre plus active, susceptible de conversions et de transformations plus radicales".

²⁵³ "Léon Brunshvicg a vu la faiblesse de cette position d'absolu et il a insisté souvent sur la relativité essentielle de la raison et de l'expérience. (...) Nous verrons en effet que c'est en mettant systématiquement en dialectique de coopération la raison et l'objet scientifique que nous nous assurerons le mieux des caractères rationnels du matérialisme technique et vice versa des caractères réels du rationalisme appliqué" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 9).

la causalité physique (1922)".²⁵⁴ Vadée (1975, p. 235-236) também faz um questionamento no mesmo sentido ao destacar que nenhuma crítica às ideias de Brunshvíc pode ser encontrada nas obras bachelardianas. Segundo ele,

quando Bachelard cita [Brunshvíc], é em pontos menores, ou, como em *Le Rationalisme appliqué*, para indicar a proximidade das suas próprias teses com as do seu predecessor e mestre, fazendo-o discretamente. Trata-se essencialmente da doutrina dos *doublets*, que já era para Brunshvíc uma verdadeira máquina de guerra filosófica contra a introdução de qualquer ponto de vista materialista na filosofia, e em particular na filosofia da ciência. Não é nossa intenção negar a originalidade de muitas das análises e inovações epistemológicas de Bachelard, que teriam de ser sistematicamente retificadas para lhes restituir o seu sentido materialista, mas o fato é que, no plano estritamente filosófico, e no que diz respeito à doutrina da razão, a posição racionalista e a originalidade de Bachelard são sobrevalorizadas; ele pertence a um movimento racionalista idealista que ele estendeu a nós.²⁵⁵

Com efeito, em *L'engagement rationaliste*, Bachelard elogia seu mestre ao escrever que “ler Brunshvíc, ouvir o mestre, é participar no espírito de sutileza, é ir diretamente ao ponto sensível dos problemas metafísicos, é reconhecer a eficácia psicológica da reflexão filosófica”.²⁵⁶

A relação entre Bachelard e Brunshvíc tem sido abordada por diversos autores, tais como Wahl (1962), Dagognet (1965), Vadée (1975), Guimarães (2021) e Brenner (2021), que apresentam uma leitura semelhante à que apresentamos acima acerca da relação entre os dois filósofos. Apesar de reconhecerem as diferenças entre eles, suas análises indicam mais uma “continuidade” que uma ruptura entre as duas epistemologias. A profunda proximidade entre o mestre e o discípulo é pensada com base em diversos alinhamentos de concepções, bem como em influências confessas.

Essas influências se destacam por meio de vários pontos fundamentais, a saber, na visão de que a matemática é a linguagem essencial das ciências contemporâneas, na definição de ciência e o papel crítico atribuído à filosofia na reflexão sobre as ciências que são pensadas

²⁵⁴ "Apparemment, Bachelard semble n'avoir rien inventé ni rien apporté. Ne reprend-il pas les thèmes qu'avant lui Brunshvíc a largement développés ? On repère l'essentiel des commentaires bachelardiens dans *Les étapes de la philosophie mathématique* (1912) ou dans *L'expérience humaine et la causalité physique* (1922)".

²⁵⁵ "Quand il le cite, c'est sur des points mineurs, ou bien comme dans *Le Rationalisme appliqué* pour indiquer la proximité de ses propres thèses avec celles de son devancier et maître, en le faisant discrètement. Il s'agit essentiellement de la doctrine des *doublets* qui était chez Brunshvíc déjà une véritable machine de guerre philosophique contre l'introduction de tout point de vue matérialiste en philosophie, et en particulier en philosophie des sciences. Il n'est pas dans notre intention de nier l'originalité de nombreuses analyses et innovations épistémologiques de Bachelard, qu'il faudrait reprendre systématiquement en les rectifiant pour leur restituer leur sens matérialiste, mais il reste que sur le plan strictement philosophique, et en ce qui concerne la doctrine de la raison, la position rationaliste et l'originalité de Bachelard sont surfaites ; il appartient bien à un courant rationaliste idéaliste qu'il prolonge jusqu'à nous".

²⁵⁶ "Lire Brunshvíc, entendre le maître, c'est participer à l'esprit de finesse, c'est aller tout de suite au point sensible des problèmes métaphysiques, c'est reconnaître l'efficacité psychologique de la réflexion philosophique" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 169).

como *atos da razão* em descontinuidade com o passado,²⁵⁷ na oposição ao logicismo, na importância da história para entender o dinamismo do progresso das ideias científicas em direção à complexidade das noções e a supremacia da razão. Destaca-se também na ideia de dinamicidade da razão, na crítica aos *a priori* absolutos, na crítica às filosofias imobilistas que não eram capazes de abordar as transformações racionais e históricas apresentadas pelo conhecimento científico contemporâneo. Isso incluía não apenas a filosofia de Meyerson, mas também a filosofia de Kant. A adequação do pensamento filosófico às ideias científicas contemporâneas e a necessidade de uma reformulação do criticismo são outros elementos que refletem a influência de Brunshvicg nas ideias de Bachelard (Guimarães, 2021, p. 3-4, Brenner, 2021, p. 317-318, Úlfsson, 2017, § 2-3; 37, Sinaceur, 2006, p. 350, Vadée, 1975, p. 229-236, Dagognet, 1965).

Segundo Guimarães (2021, p. 3-4), a compreensão bachelardiana acerca da natureza dinâmica e adaptável da razão, como resultado de uma crítica aos *a priori* absolutos, configura-se como uma das principais influências de Brunshvicg. O autor esclarece que, com Brunshvicg, a razão não pode mais ser arraigada como uma entidade estável e inflexível, na medida em que ela se modifica em simbiose com seu objeto em um processo intrincado. Essa abordagem de uma razão constantemente em dialetização, desprovida de *a priori* absolutos, evolui como um dos pilares fundamentais na filosofia brunshvicguiana, sendo este entendimento transmitido ao pensamento bachelardiano.

Guimarães (2021, p. 7) escreve que “é evidente que a influência de Brunshvicg sobre Bachelard foi decisiva para a constituição de sua epistemologia. Todavia, há entre os dois algumas divergências”. O autor fundamenta suas observações nas ideias de Bulcão (1994), esclarecendo que Brunshvicg não promove uma modificação completa da razão, mas sim alterações nos modos de raciocínio, caracterizando-se como “uma razão contemplativa, uma razão do matemático, e não uma razão que envolve toda a capacidade cognitiva do homem, como propõe Bachelard”. Guimarães acrescenta que, “opostamente à concepção de Brunshvicg, [a] razão bachelardiana é fundamentalmente trabalho, porque não é um simples espírito voltado para a contemplação passiva do espetáculo do mundo” (BULCÃO apud GUIMARÃES, 2021. p. 7). Assim, o racionalismo bachelardiano diverge do racionalismo de Brunshvicg, que é descrito como um racionalismo de “modelo essencialmente matemático”, distinguindo-se do racionalismo aplicado apresentado por Bachelard.

²⁵⁷ Cf. Seção 2.3.

Entretanto, nossas análises nas ideias de Bachelard, tanto em seu artigo “La philosophie scientifique de Léon Brunschvicg” quanto nas passagens de *Le rationalisme appliqué*, revelaram uma leitura diferente. Como ressaltamos nesta seção, não identificamos nas considerações de Bachelard uma relação de oposição com seu mestre, mas sim de um aprofundamento. Conforme enfatizado em sua obra de 1949, ele expressou a intenção de aprofundar os *dublets brunshvicguianos*, reconhecendo, como também destacado em seu artigo supracitado, uma solidariedade ou alternância entre razão e experiência. Isso significa que Bachelard não pressupõe que o racionalismo brunshvicguiano seja um racionalismo puro, contemplativo e matemático, mas um racionalismo que dialoga com a experiência. Assim, parece que Brenner (2021, p. 317) tem alguma razão ao escrever que “Bachelard deixa entrever como as teses brunshvicgianas o conduziram à sua própria concepção”.²⁵⁸ Ele ressalta que, “sem dúvida, Bachelard conquistou sua autonomia intelectual. No entanto, seus seguidores tendem a exacerbar as diferenças”.

Dagognet (1965, p. 61), apesar de reconhecer as diferenças entre os dois filósofos, incluindo a perspectiva acima apresentada por Guimarães (2021), enfatiza que Bachelard “completa seu mestre, ele preenche de substância e vida o programa brunshvicguiano”.²⁵⁹ Dagognet enfatiza que a concordância entre as duas epistemologias é clara, desde que não nos aprofundemos nos detalhes. “Sem que seja necessário entrar em muitos detalhes, como não ficar impressionado com a concordância entre essas duas filosofias? A homologia é profunda: um mesmo propósito as impulsiona” (DAGOGNET, 1965, p. 48-49).²⁶⁰ Em seu artigo, o autor não destaca a ideia de uma ruptura entre as duas epistemologias. Desse modo, temos uma interpretação diferente de seu trabalho em relação à afirmação de Souto (2022, p. 73) ao escrever que “Dagognet interpreta a diferença entre os dois epistemólogos como concernindo a uma nuance, mas reconhece que o grau de diferença por ela atingido conduziu a um inevitável rompimento”. De fato, Dagognet não fez uso do termo “ruptura”, preferindo caracterizar a relação entre os dois filósofos como um prolongamento do pensamento de Bachelard em relação a Brunschvicg. Nossa leitura do artigo de Dagognet corrobora com as considerações de Vadée (1975, p. 234), ao comentar que:

F. Dagognet, em um artigo de 1965, esboçou brevemente essa comparação entre as filosofias e epistemologias de Brunschvicg e Bachelard. Ele insistiu, para além das diferenças evidentes manifestas, sobre o fato de que uma prolonga a outra, ao menos no que concerne ao problema do racionalismo filosófico: mesma crítica das filosofias

²⁵⁸ "Bachelard laisse percevoir comment les thèses brunshvicgiennes l'ont conduit vers sa propre conception".

²⁵⁹ "le disciple accomplit le maître : il remplit de substance et de vie le programme brunshvicgien".

²⁶⁰ "Sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans trop de détails, comment ne pas être saisi par la concordance de ces deux philosophies ? L'homologie va loin : ainsi un même projet les anime".

fossilizadas que não tentam se reformular diante das mudanças do conhecimento, mesma crítica da lógica dedutiva, reflexão sobre a necessidade de ampliação e diversificação da razão: é o que Bachelard realiza com a multiplicação dos dublets que ele chama de *dublets brunschvicguianos*, com a ideia de uma polifilosofia, com as noções de filosofias conjugadas (positivismo e formalismo, empirismo e convencionalismo, etc.), de espectro filosófico que dispersa os componentes filosóficos do pensamento científico, de perfis epistemológicos (P.N., 415) e com a noção de racionalismos regionais. Pode-se dizer que ele concretiza o programa de um racionalismo que precisa se readaptar a uma nova era da ciência.²⁶¹

Souto (2022), ao reconhecer, assim como os autores anteriormente citados, as influências de Brunshvicg nas ideias de Bachelard, argumenta, no entanto, que este último promoveu um rompimento significativo com seu mestre e, assim, estabeleceu uma descontinuidade manifesta com o neokantismo francês. O autor destaca que o neokantismo de Brunshvicg se fundamenta no reconhecimento “da pluralidade de formas construídas - sejam elas científicas, artísticas, mitológicas ou linguísticas” (SOUTO, 2022, p. 71-72). Desse modo, Souto identifica uma similaridade com o neokantismo de Cassirer para, em seguida, demonstrar que Bachelard rompeu com essa perspectiva neokantiana.

É que lá onde o neokantismo de Cassirer e de Brunshvicg via uma pluralidade dos níveis de expressão do espírito, embora essas funções não se concebessem em ruptura umas com as outras; lá onde as formas simbólicas se explicariam por uma força originária do espírito que conferiria aos dados sensíveis um valor de significação; lá onde se reconhecia, enfim, apenas uma projeção da razão, Bachelard reconhecerá uma experiência de aproximação. Contudo, para além de recusar simplesmente o neokantismo, Bachelard dirá: “Deveremos, então, aceder a um kantismo aberto, a um kantismo funcional, a um não-kantismo, no estilo mesmo em que se fala de uma geometria não-euclidiana. Esta é, creio eu, a mais bela homenagem que se possa fazer à filosofia kantiana” (SOUTO, 2022, p. 73-74).

Ao menos duas objeções podem ser levantadas em relação a essa abordagem. A primeira questiona se o neokantismo de Brunshvicg se limita apenas a esse único aspecto. Como destacado em nossa introdução, as considerações brunshvicguianas apresentadas no artigo *L'idée critique et le système kantien* revelam um aspecto mais amplo da reinterpretção do kantismo operada por Brunshvicg em relação à abordagem apresentada por Souto (2022). Esse artigo, “é talvez a mais bela tentativa de síntese e de crítica integrais que a interpretação de Kant

²⁶¹ "F. Dagognet, dans un article de 1965, esquissait brièvement cette comparaison des philosophies et des épistémologies de Brunshvicg et de Bachelard. Il insistait, par-delà des différences manifestes, sur le fait que l'une prolonge l'autre, au moins en ce qui concerne le problème du rationalisme philosophique : même critique des philosophies indurées qui ne tentent pas de se refondre à la faveur des mutations du savoir, même critique de la logique déductive, réflexion sur la nécessité de l'élargissement et de la diversification de la raison: c'est ce que réalise Bachelard avec la multiplication des doublets qu'il appelle *doublets brunshvicgiens*, avec l'idée d'une polyphilosophie, avec les notions de philosophies conjuguées (positivisme et formalisme, empirisme et conventionnalisme, etc.), de spectre philosophique qui disperse les composantes philosophiques de la pensée scientifique, de profils épistémologiques (P.N., 415) et avec la notion de rationalismes régionaux. On peut dire qu'il réalise le programme d'un rationalisme qui doit se réadapter à un nouvel âge de la science".

conheceu (POLITZER apud CARDIM, 2015, p. 169). Ao propor a separação da ideia crítica do quadro das formas e categorias, Brunschvicg apresenta a *crítica* como um marco na história do pensamento, a ser mantida na reflexão das ciências, consideradas como *fatós*. Dessa forma, ele propõe manter a *crítica* como a base fundamental para a interpretação tanto da matemática quanto da física de sua época, uma vez que, para ele, “a ciência se desenvolve historicamente e a filosofia não pode prescrever à ciência desenvolvida categorias e métodos” (CARDIM, 2015, p. 166). Esse aspecto neokantiano é transmitido a Bachelard, que, nesse sentido, prolonga a perspectiva brunshvicguiana de reformulação das ideias kantianas.

Sinaceur (2006, p. 350) reforça essa interpretação ao afirmar que os seguidores de Brunschvicg mantiveram uma característica fundamental de sua filosofia: reconhecer o surgimento da filosofia crítica como um marco de profunda relevância histórica, concentrando a atenção no potencial da criatividade intelectual e científica. Isso envolvia “partir da epistemologia kantiana, porém reformulá-la, modificá-la ou expandi-la, a fim de incorporar o progresso constante do conhecimento matemático”, priorizando seu desenvolvimento em detrimento das estruturas rígidas e atemporais do conhecimento. Igualmente, “organizar a história das teorias matemáticas do ponto de vista da análise crítica, ou seja, submeter a sucessão cronológica de resultados a uma “análise reflexiva” que destacaria a racionalidade interna de suas conexões”, e “mostrar que essas conexões dinâmicas não podem ser reduzidas a relações lógicas estáticas”.²⁶²

As considerações de Sinaceur (2006) corroboram com a afirmação de Guimarães (2021, p. 3), que escreve que a proposta de reconstrução do criticismo, a qual redefine a distinção entre idealismo e realismo sobre novos fundamentos, é um ponto de convergência substancial entre as filosofias de Bachelard e Brunschvicg. Vadée (1975, p. 235) também ressalta enfaticamente essa conexão. Segundo ele, “Bachelard reconhece a sua proximidade com Brunschvicg e o seu profundo acordo com ele sobre a *reformulação do criticismo*. Em 1945, ele exprime muito claramente sobre esta questão num artigo intitulado “La Philosophie scientifique de Léon

²⁶² "Those who followed Brunschvicg held onto several of his points: • To consider the advent of the critical idea as a ‘decisive date in the history of humanity’³, because it sets out to focus on the power of intellectual and scientific creativity; • therefore to take the Kantian epistemology as a starting point, but to amend it, modify it, or go beyond it, since it is necessary to • take account of the indefinite progress of mathematics, • and underline the unpredictable and complex nature of its results, • and so give priority to the development of mathematical knowledge over the consideration of fixed and timeless frameworks of knowledge, • to arrange the history of mathematical theories from the point of view of critical examination, that is to submit the chronological succession of results to a ‘reflective analysis’, which would bring out the internal rationality of their connections, • to show that these dynamic connections cannot be reduced to static logical relationships”.

Brunschvicg”.²⁶³ No que concerne a essa reforma, essa proximidade se dá, segundo Vadée, em pelo menos um ponto fundamental, a saber, a crítica aos *a priori* absolutos e imutáveis, que implica reformular o conceito de razão e a síntese kantiana entre razão e experiência.

A segunda objeção à abordagem de Souto (2022) diz respeito à sua conclusão de que Bachelard teria rejeitado o neokantismo, enquanto, ao mesmo tempo, ele propõe uma *abertura* para o kantismo, reconhecendo explicitamente que essa *abertura* do racionalismo é uma homenagem à filosofia kantiana. Na passagem bachelardiana citada pelo autor, haveria, de fato, uma rejeição do neokantismo por parte de Bachelard? Não estaria ele, na verdade, seguindo a tradição de reformulação das ideias kantianas e, nesse sentido, mantendo-se dentro do movimento neokantiano francês? Do nosso ponto de vista, essa passagem revela a posição de Bachelard em relação ao neokantismo e como ele propõe uma abordagem distinta. Ao invés de simplesmente descartar o neokantismo, Bachelard propõe uma perspectiva mais aberta e funcional, que ele denomina “kantismo aberto” ou “kantismo funcional”. Essas expressões sugerem uma interpretação mais flexível do pensamento de Kant. Trata-se de uma adesão flexível ao kantismo clássico, que incorpora elementos das ideias kantianas. Isso coloca Bachelard diretamente nos quadros de um pensamento neokantiano. Aprofundaremos adiante esse ponto no terceiro capítulo.

Entretanto, nesta seção, na qual discutimos a relação entre Brunshvicg e Bachelard, um ponto a ser destacado é o sentido oferecido por este último a essa reformulação do kantismo. Diferentemente de Brunshvicg, Bachelard não busca descartar as *formas e categorias* que Kant definiu como absolutas e imutáveis. Conforme veremos no próximo capítulo, às formas da intuição, ele encontra um lugar no campo do *entendimento científico*, como constitutivas de uma “intuição numenal”, em uma reforma da sensibilidade. Às categorias, também pensadas no âmbito da racionalidade científica, ele propõe uma flexibilização e dinamicidade. Ele as pressupõe para submetê-las a uma atividade dialética com a finalidade de *abrir* o kantismo, fundando um *kantismo aberto*. Assim, Bachelard *despsicologiza* o kantismo clássico ao apresentar uma análise acerca das condições objetivas do conhecimento científico, em oposição a uma abordagem centrada unicamente no sujeito cognoscente. Do nosso ponto de vista, essa abordagem representa uma originalidade de Bachelard, que, diferenciando-se de Brunshvicg, confere um novo significado à proposta de reformulação das ideias kantianas, inovando-a no contexto de reflexão e interpretação da mecânica quântica.

²⁶³ "Bachelard reconnaît sa proximité à Brunshvicg et son accord profond avec lui sur la *refonte du criticisme*. En 1945, il s'exprime très clairement sur cette question dans un article intitulé "La Philosophie scientifique de Léon Brunshvicg".

CAPÍTULO III – O NEOKANTISMO DE BACHELARD

3.1 Um projeto de flexibilização e expansão do kantismo

A física contemporânea, ao apresentar um novo objeto do conhecimento com características inéditas,²⁶⁴ demandou uma revisão dos fundamentos do racionalismo clássico kantiano. Nesse contexto, emergiram debates na filosofia da física acerca da relevância da filosofia kantiana para esse novo espírito das ciências físicas. Na filosofia francesa da primeira metade do século XX, Bachelard se destaca como um pensador que propôs uma filosofia da física que não descarta os princípios do kantismo, mas os considera a fim de oferecer uma versão atualizada desse sistema. Ele encara esse projeto de reforma nas bases do kantismo especialmente para responder desafios colocados pelo objeto quântico.

Ao longo deste capítulo, examinaremos como Bachelard, ao defender a necessidade de “aceder a um kantismo aberto, a um *kantismo funcional*, a um *não kantismo*”,²⁶⁵ como umas das reformulações do criticismo na França (Terzi, 2020), vai além das ideias de Kant, propondo modificações em seu sistema filosófico. No entanto, demonstraremos que Bachelard mantém a perspectiva transcendental em um sentido renovado (Barsotti, 2003, Guo, 2019, § 3, Gil, 1993, p. 108), mantendo-se, assim, nos quadros de uma filosofia neokantiana.

Os conceitos bachelardianos acima são explicitamente apresentados tanto em “La psychologie de la raison”, de 1939, quanto em *La philosophie du non*, de 1940, a grande obra de Bachelard acerca da filosofia kantiana do conhecimento (Barsotti, 2003, p. 209). Ângelo M. M. Gonçalves (2002, p. 26) afirma que é nessa obra que Bachelard apresenta “a filosofia que exercerá a possibilidade de abarcar o pensamento científico contemporâneo”. Não obstante, o autor não reconhece que essa filosofia tem suas bases fundamentadas nas ideias de Kant. Nessa obra, Bachelard também introduz o termo *kantismo de segunda aproximação*, que ele designa como uma filosofia que deve incluir a filosofia crítica, ultrapassando-a. Esses conceitos representam a ideia de introduzir modificações nas concepções de Kant para adequá-las ao novo espírito científico. No entanto, embora intrínsecos e correlacionados, essas noções são aplicadas em contextos argumentativos específicos. Nesta seção, discutiremos as significações dessas noções, esclarecendo-as e estabelecendo suas relações conforme nossa explanação.

²⁶⁴ Cf. seção 1.5.

²⁶⁵ “Nous devons alors accéder à un kantisme ouvert, à un *kantisme fonctionnel*, à un *non-kantisme*” (BACHELARD, 1972 [1972], p. 27-28).

Em que sentido devemos entender a noção bachelardiana de *não kantismo*? Essa expressão agrega dois conceitos importantes, a saber, o “não”, que resulta da ideia de uma *filosofia do não*, e “kantismo”, que se refere particularmente à filosofia kantiana do conhecimento. Mas o que significa a ideia de uma *filosofia do não*?

A *filosofia do não* é um conceito inspirado na dialética histórica do conhecimento científico, que propõe submeter o pensamento filosófico a esse mesmo processo dialético a fim de oferecer às ciências “a filosofia que elas merecem”.²⁶⁶ Como vimos na seção 1.1.2, Bachelard identifica que há uma dialética histórica na racionalidade científica, que não implica em antagonismo entre as teorias do passado e as teorias do presente. Esse movimento dialético resultou em *sínteses históricas* que representam *generalizações racionais*, como as geometrias não euclidianas e as mecânicas não newtonianas as quais “negam”, mas não contradizem as teorias do passado, ampliando o pensamento científico.

Em *Le nouvel esprit scientifique*, de 1934, Bachelard explica que “a geometria não euclidiana não foi feita para contradizer a geometria euclidiana. É antes uma espécie de fator adjunto que permite a totalização, o acabamento do pensamento geométrico”.²⁶⁷ Segundo Canguilhem (2012 [1994], p. 207), “a *filosofia do não* foi pensada sobre o modelo das geometrias não euclidianas, sobre o modelo das mecânicas não newtonianas”. Isso quer dizer que essa perspectiva filosófica não procura contradizer as filosofias do passado, mas sim conciliá-las em um novo pensamento. Como Bachelard enfatiza em *La philosophie du non*, de 1940, nessa filosofia não se trata de “uma atitude de recusa, mas uma atitude de conciliação”.²⁶⁸ A seguinte passagem da mesma obra reforça esse ponto de vista:

A filosofia do não não é uma vontade de *negação*. Ela não procede de um espírito de contradição que contradiz sem provas, que levanta argumentos vagos. Ela não se afasta sistematicamente de todas as regras. Pelo contrário, ela é fiel às regras no interior de um sistema de regras. Ela não aceita contradição interna. Ela não nega nada, a qualquer momento, de qualquer forma. É em articulações bem definidas que ela faz nascer o movimento indutivo que o caracteriza e determina uma reorganização do conhecimento em uma base mais alargada.²⁶⁹

²⁶⁶ "La science n'a pas la philosophie qu'elle mérite" (BACHELARD, 2018 [1953], p. 20).

²⁶⁷ "La géométrie non-euclidienne n'est pas faite pour contredire la géométrie euclidienne. Elle est plutôt une sorte de facteur adjoint qui permet la totalisation, l'achèvement de la pensée géométrique, l'absorption dans une pangéométrie" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 12).

²⁶⁸ "La *philosophie du non* se trouvera donc être non pas une attitude de refus, mais une attitude de conciliation" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 15-16).

²⁶⁹ "La philosophie du non n'est pas une volonté de *négation*. Elle ne procède pas d'un esprit de contradiction qui contredit sans preuves, qui soulève des arguties vagues. Elle ne fuit pas systématiquement toute règle. Au contraire, elle est fidèle aux règles à l'intérieur d'un système de règles. Elle n'accepte pas la contradiction interne. Elle ne nie pas n'importe quoi, n'importe quand, n'importe comment. C'est à des articulations bien définies qu'elle fait naître le mouvement inductif qui la caractérise et qui détermine une réorganisation du savoir sur une base élargie" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 135).

Lecourt (1972, p. 21-22) também destaca que o “não” que Bachelard utiliza tem inspiração na própria ideia de sistemas não euclidianos, ideia essa que amplia a noção de negação para compreender as novidades apresentadas por tais sistemas geométricos. Essa perspectiva também foi aplicada a outras teorias contemporâneas, como as não newtonianas. Ao invés de simplesmente rejeitar ou contradizer as teorias do passado, o uso do “não” identifica novos campos do conhecimento, não como negações radicais com o passado, mas como desenvolvimentos e expansões das teorias antigas. Com Bachelard, explica Lecourt, esse termo adquire uma dupla função: uma *descritiva*, ao explicar os avanços descontínuos das ciências no início do século XX, e uma *normativa*, ao impor à filosofia a necessidade de reformular suas bases conceituais para dar conta dessas inovações científicas.

É nesse contexto de reformulações conceituais que Bachelard introduz a ideia de *não kantismo*. Aqui, trata-se da aplicação do “não”, que, como vimos acima, não possui o sentido de antagonização, à filosofia kantiana do conhecimento. De acordo com essa perspectiva, pode-se concluir que Bachelard não se configura como um filósofo antikantiano, como pode sugerir algumas visões gerais que apenas ressaltam sua crítica ao racionalismo clássico como uma ruptura radical com o racionalismo kantiano.

Para Guo (2019, § 3), também o significado do “não” no conceito de *não kantismo* “é o mesmo que na expressão “geometria não euclidiana”, ou seja, precisamente uma generalização englobante da geometria clássica e das geometrias que a contestam, indo além dela”.²⁷⁰ Isso significa que, Bachelard, ao testemunhar as reorganizações racionais e experimentais de sua época, e ao reconhecer as limitações históricas da filosofia kantiana do conhecimento em função de sua rigidez e fechamento, buscou instaurar “uma nova filosofia racionalista que ele nomeou de “nã kantismo”, generalizando as categorias e os princípios que Kant tinha estabelecido outrora como condições imutáveis do conhecimento”.²⁷¹ Guo (2019, § 5) ainda acrescenta:

É evidente que uma nova filosofia, uma filosofia adequada ao “novo espírito científico” em gestação, que levará em conta [os] avanços [apresentados pelas ciências], deve substituir o kantismo. Brunschvicg já destacava as limitações do kantismo ao mostrar que, para legitimar o conhecimento, Kant o havia, essencialmente, ligado ao espírito da lei e o confinado em um código. Para Bachelard,

²⁷⁰ "Le sens du « non », dans cette formule, étant le même que dans l'expression « géométrie non-euclidienne », à savoir, précisément, une généralisation englobante de la géométrie classique et des géométries qui la contestent tout en la dépassant".

²⁷¹ "les limites et les déterminations historiques de la théorie kantienne de la connaissance, qui entraînent sa rigidité, sa fermeture et son impuissance à rendre compte de la rationalité scientifique en évolution constante. Bachelard a tenté ensuite d'élaborer une nouvelle philosophie rationaliste, qu'il nommait le « non-kantisme », en généralisant les catégories et les principes que Kant avait établis autrefois comme conditions immuables de la connaissance".

da mesma forma, a reforma [do kantismo], em termos mais gerais, deve primeiramente abordar essa rigidez e esse fechamento.²⁷²

Portanto, o *não kantismo* é uma filosofia que não rejeita os princípios do kantismo clássico. Ao contrário, os incorpora como parte de um pensamento mais amplo. Da mesma forma que as geometrias não euclidianas envolvem a geometria de Euclides como um caso particular, o *não kantismo* é um pensamento que deve “incluir a filosofia crítica, ao mesmo tempo em que a ultrapassa”,²⁷³ seguindo, assim, o “mesmo estilo em que falamos de uma geometria não euclidiana”.²⁷⁴ Isso quer dizer que, conforme enfatiza Terzi (2020, p. 514), a questão bachelardiana “não é a de renunciar ao kantismo, mas sim de homenageá-lo ao traduzi-lo em termos novos”,²⁷⁵ tendo como base o movimento histórico do conhecimento geométrico.

Nesse contexto, Bachelard introduz o termo *kantismo aberto* para ser mais específico em sua argumentação acerca das modificações que ele pretende instaurar na filosofia crítica. Ao se inspirar no “jogo dialético que fundou o não euclidianismo, um jogo que implica em *abrir* o racionalismo”, ele procura “afastar essa psicologia de uma razão fechada, baseada em axiomas imutáveis”²⁷⁶ e instaurar um novo racionalismo que flexibilize esses axiomas. Como ele ainda ressalta em alusão a Kant, “os quadros mais simples do entendimento não podem subsistir em sua inflexibilidade. (...) Em todos seus princípios, a razão ortodoxa pode ser dialetizada”.²⁷⁷ Trata-se aqui da ideia bachelardiana de *racionalismo aberto* que, segundo Vadée (1975, p. 220), implica na impossibilidade de manter uma razão estática e fechada dentro do contexto científico contemporâneo. Pelo contrário, é defendida a necessidade de uma abertura completa dos princípios racionais identificados nas teorias matemáticas e abstratas.

A seguinte passagem de *Le nouvel esprit scientifique*, de 1934, revela nitidamente que a ideia de *abertura* do racionalismo se refere particularmente ao kantismo. Bachelard argumenta que a filosofia kantiana só pode ser *salva* por meio de uma abertura dos princípios da razão. Uma vez que a razão kantiana pressupõe a imutabilidade da estrutura racional da

²⁷² "Il est clair qu'une nouvelle philosophie, une philosophie adaptée au « nouvel esprit scientifique » en train de naître, et qui tiendra compte de ces avancées, doit alors se substituer au kantisme, dont Brunschvicg soulignait déjà les limites en montrant que, pour légitimer le savoir, Kant l'avait, au fond, rattaché à l'esprit du droit et enfermé dans un code. Pour Bachelard, de même, la réforme [du kantisme], au plan le plus général, va d'abord concerner cette rigidité et cette fermeture".

²⁷³ "non-kantisme susceptible d'inclure la philosophie criticiste en la dépassant" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 94).

²⁷⁴ "dans le style même où l'on parle d'une géométrie non-euclidienne" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 28-29).

²⁷⁵ "l'enjeu n'est pas celui de renoncer au kantisme, mais de lui rendre hommage en le traduisant en termes nouveaux".

²⁷⁶ "jeu dialectique qui a fondé le non-euclidisme, jeu qui revient à *ouvrir* le rationalisme, à écarter cette psychologie d'une raison close, fermée sur des axiomes immuables" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 23).

²⁷⁷ "les cadres les plus simples de l'entendement ne peuvent pas subsister dans leur inflexibilité, si l'on veut mesurer les destins nouveaux de la science. Dans tous ses principes, la raison orthodoxe peut être dialectisée" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 16).

geometria euclidiana, qualquer divisão no pensamento geométrico, que agora abrange novos campos além da geometria clássica, exige que o kantismo também adote os mesmos princípios de divisão para corresponder ao novo espírito científico. Em suas palavras: “é sobre o caráter imutável da arquitetura da geometria que Kant funda a arquetônica da razão. Se a geometria se divide, o kantismo apenas pode ser salvo inscrevendo princípios de divisão na razão, *abrindo o racionalismo*”.²⁷⁸ Desse modo, abrir o racionalismo kantiano significa dialetizar - flexibilizar e alargar - os princípios estabelecidos por Kant, a fim de adequá-los às novas experiências da física contemporânea, as quais se apresentam como *transcendências experimentais*.

O conceito bachelardiano de *transcendências experimentais* busca esclarecer que o novo campo experimental, fundado em instrumentos de medições muito peculiares, não se refere mais à observação imediata e sensível. A física do novo espírito científico “supõe a realidade antes de conhecê-la e a conhece apenas como uma realização dessa suposição”.²⁷⁹ Isso significa que o pensamento científico vai além das limitações impostas pela realidade empírica comum, uma vez que ele presume a existência de uma realidade independente da observação direta e que pode ser conhecida por meio de novas experiências que superam a observação imediata, e com isso as intuições espaçotemporais da filosofia de Kant. “Assim que se transcende as fronteiras da observação imediata, descobre-se a profundidade metafísica do mundo objetivo”, ou seja, conhece-se as coisas que não são acessíveis à intuição sensível, os princípios fundamentais que regulam os fenômenos. Como veremos na próxima seção, trata-se dos *númenos matemáticos* que orientam as descobertas dos novos fenômenos e ampliam a compreensão do conceito de realidade física. O real que corresponde a este novo conceito de realidade,

não é rejeitado no domínio da coisa em si incognoscível. Ele tem toda uma outra riqueza numenal. Enquanto a coisa em si é um númeno por exclusão dos valores fenomênicos, parece-nos que o real científico é feito de uma contextura numenal própria para indicar os eixos da experimentação. A experiência científica é, assim, uma razão confirmada. Este novo aspecto filosófico da ciência prepara uma volta do normativo na experiência: a necessidade da experiência sendo apreendida pela teoria antes de ser descoberta pela observação.²⁸⁰

²⁷⁸ "C'est sur le caractère immuable de l'architecture de la géométrie que Kant fonde l'architectonique de la raison. Si la géométrie se divise, le kantisme ne peut être sauvé qu'en inscrivant des principes de division dans la raison elle-même, qu'en *ouvrant* le rationalisme" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 24).

²⁷⁹ "suppose la réalité avant de la connaître et qui ne la connaît que comme une réalisation de sa supposition" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 80).

²⁸⁰ "n'est pas rejeté dans le domaine de la chose en soi inconnaissable. Il a une tout autre richesse nouménale. Alors que la chose en soi est un noumène par exclusion des valeurs phénoménales, il nous semble bien que le réel scientifique est fait d'une contexture nouménale propre à indiquer les axes de l'expérimentation. L'expérience scientifique est ainsi une raison confirmée. Ce nouvel aspect philosophique de la science prépare une rentrée du normatif dans l'expérience : la nécessité de l'expérience étant saisie par la théorie avant d'être découverte par l'observation" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 9-10).

As novas experiências científicas resultam de organizações racionais, que orientam a construção dos instrumentos de medição. Como discutimos na seção precedente “O racionalismo aplicado”, esses aparelhos de medição representam teorias materializadas, operando como os novos órgãos dos sentidos (Barbosa, 1996). Os novos instrumentos científicos se referem aos *objetos do pensamento*, ou seja, aos objetos que estão além de toda intuição sensível, aos *númenos matemáticos*. Esses novos objetos introduzem, portanto, uma ruptura na objetivação (Bachelard, 1983 [1940], p. 11). Objetivação que o racionalismo kantiano pôde fornecer apenas à classe dos objetos da física clássica e do conhecimento comum. Segundo Bachelard, na medida em que “as ciências físicas têm um além, uma transcendência, que não está fechada em si mesma, [o] racionalismo que informa essa experiência deve aceitar uma abertura correlativa a essa transcendência empírica”. Nesse sentido, conclui o filósofo, “a filosofia criticista (...) deve ser modificada em função dessa abertura. Mais simplesmente, uma vez que os quadros do entendimento precisam ser flexibilizados e expandidos, a psicologia do espírito científico deve ser estabelecida em novas bases”,²⁸¹ determinando profundas modificações do pensamento.

Em “La psychologie de la raison”, Bachelard explica que essa flexibilização das categorias da razão envolve a adoção dos princípios lógicos do kantismo em uma perspectiva *funcional*, ao invés de *estrutural*. É necessário “*aprender a considerar os princípios lógicos em sua função e não mais em sua estrutura*”,²⁸² em razão da divisão que se operou na filosofia do objeto com o advento dos microfenômenos. Segundo ele, adotar os princípios lógicos kantianos em uma perspectiva funcional significa “a homenagem mais bela que se pode prestar à filosofia kantiana, demonstrando, através desta extensão, que ela é passível de uma tradução moderna para passar da *estrutura à função*”.²⁸³ Disso resulta o conceito bachelardiano de *kantismo funcional* como uma extensão do kantismo. Essa noção representa uma “primazia do funcional sobre o estrutural, do *uso* sobre o *ser*”, e que funda “[o] kantismo da função, (...) em oposição

²⁸¹ "les sciences physiques a un au-delà, une transcendance, qu'elle n'est pas fermée sur soi. Aussitôt le rationalisme qui informe cette expérience doit accepter une ouverture corrélative de cette transcendance empirique. La philosophie criticiste, dont nous soulignerons la solidité, doit être modifiée en fonction même de cette *ouverture*. Plus simplement, puisque les cadres de l'entendement doivent être assouplis et étendus, la psychologie de l'esprit scientifique doit être faite sur de nouvelles bases. La culture scientifique doit déterminer des modifications profondes de la pensée" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 11).

²⁸² "*apprendre à considérer les principes logiques dans leur fonction et non plus dans leur structure*" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 30).

²⁸³ "C'est, je crois, le plus bel hommage qu'on puisse faire à la philosophie kantienne en prouvant, par cette extension, qu'elle est susceptible d'une traduction moderne pour passer de la structure à la fonction" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 29).

ou em complemento do kantismo da estrutura”,²⁸⁴ numa perspectiva não psicológica do kantismo.

No *kantismo funcional*, destaca-se o aspecto dinâmico e flexível pelo qual se opera a aplicação das categorias, agora pensadas no âmbito das estruturas matemáticas, como *categorias matemáticas* (Tiles, 1984),²⁸⁵ ao campo experimental. “Esse ponto de vista permite o alargamento nas construções racionais”.²⁸⁶ Isso ocorre porque o uso funcional das categorias permite um dinamismo da racionalidade, que dá à razão a capacidade de adaptação e retificação perante as novas experiências. Nas palavras de Bachelard:

para o racionalismo científico, a aplicação não é uma derrota nem um compromisso. Ele quer se aplicar.²⁸⁷ Se ele se aplica mal, ele se modifica. Ele não renega por isso seus princípios, ele os dialetiza”. Em última análise, “a filosofia da ciência física é talvez a única filosofia que se aplica determinando uma superação de seus princípios. Em suma, é a única *filosofia aberta*”.²⁸⁸

Não existe, portanto, um método fundamental e definitivo para esse *kantismo aberto e funcional*, que se funda na própria evolução do espírito. Esse “novo kantismo” possui “a consciência de um espírito que se fundamenta ao trabalhar com o desconhecido”²⁸⁹ e está sempre pronto para revisar seu corpo teórico de explicações. Aspecto este que não é possível na concepção estrutural e fixa da razão arquetônica apresentada por Kant. Essa concepção de Bachelard representa um avanço em relação às ideias kantianas.

A noção de *kantismo funcional* está relacionada à ideia de que as estruturas matemáticas na física contemporânea são *a priori* funcionais. “A nosso ver, o *a priori* das matemáticas é apenas um *a priori* funcional, não tem nada de absoluto”.²⁹⁰ As construções matemáticas podem

²⁸⁴ "primauté du fonctionnel sur le structural, de l'usage sur l'être" que "fonde ce kantisme de la fonction, (...) en opposition ou en complément du kantisme de la structure" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 32). Esta última passagem deve ser entendida no sentido mesmo da *filosofia do não*, que estabelece uma relação de complementaridade entre sistemas opostos, mas que não são contraditórios. É uma passagem coerente com a ideia de *não kantismo*, conforme explicamos acima. Desse modo, o kantismo da função (*kantismo funcional*) de Bachelard não busca contradizer o kantismo clássico, mas o complementar.

²⁸⁵ Ver seção 3.4 acerca da reforma do entendimento.

²⁸⁶ "ce point de vue fonctionnel permet des élargissements dans les constructions rationnelles" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 32).

²⁸⁷ Segundo Vadée (1975, p. 216), a noção de *aplicação* é uma característica distintiva do racionalismo aplicado de Bachelard. No entanto, ele ressalta que essa noção também está presente no racionalismo clássico e kantiano, onde os conceitos de causa, substância, bem como os de espaço e tempo devem ser aplicados na experiência. O autor enfatiza que a contribuição original de Bachelard à ideia de aplicação reside no fato de que agora, a razão, antes de ser aplicada, incorpora as condições dessa aplicação em seu arcabouço teórico.

²⁸⁸ "Pour le rationalisme scientifique, l'application n'est pas une défaite, un compromis. Il veut s'appliquer. S'il s'applique mal, il se modifie. Il ne renie pas pour cela ses principes, il les dialectise. Finalement, la philosophie de la science physique est peut-être la seule philosophie qui s'applique en dépassant de ses principes. Bref, elle est la seule *philosophie ouverte*" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 7).

²⁸⁹ "comme la conscience d'un esprit qui se fonde en travaillant sur l'inconnu" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 9).

²⁹⁰ "à notre avis, l'*a priori* des mathématiques n'est qu'un *a priori* fonctionnel, il n'a rien d'absolu" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 21).

ser retomadas e alargadas diante de novas *intuições numerais*. Segundo Lamy (2005, p. 99), Bachelard pensa essas estruturas matemáticas de modo funcional e não realístico. Trata-se do “plano funcional que permite a ligação e a síntese de conceitos fundamentais, como a síntese matéria-radiação que informa a experiência microfísica e possibilita a compreensão dos fenômenos mecânicos em escala corpuscular”.²⁹¹ Os *a priori* funcionais, de natureza matemática, têm assim uma função ativa na *construção* da realidade microfísica. Eles não são apenas princípios teóricos e lógicos. Ao contrário, são condições de possibilidade da organização da experiência científica e do conhecimento objetivo. O objeto do conhecimento depende mais das condições de detecção em que ele é pensado do que de propriedades realísticas e substanciais.

Segundo Bachelard, é “do ponto de vista funcional que precisaria caracterizar os princípios formadores do conhecimento”.²⁹² Como ele escreve em *La philosophie du non*, esses princípios se revelam como “um potente *a priori* [que] guia a experiência. O real não passa de realização”²⁹³ desses princípios. Ao introduzir o conceito de *kantismo funcional*, Bachelard destaca a importância do aspecto funcional das estruturas matemáticas, que, assim como em Kant, são consideradas como tendo uma dimensão pura. O pensamento matemático, enquanto fundamento da física, é validado por suas funções *a priori*, que servem como condições de possibilidade do conhecimento científico.²⁹⁴ Entretanto, diferentemente de Kant, as estruturas matemáticas não são absolutas, mas relativas, pois dependem de contextos específicos de aplicação e podem ser adaptadas com base em novas descobertas científicas.

O *kantismo aberto* propõe, assim, flexibilizar e abrir os princípios kantianos para incorporar novas descobertas científicas. Trata-se de um *racionalismo aberto*. O *kantismo funcional* destaca o papel relacional das estruturas matemáticas como condições *a priori* do conhecimento científico e suas aplicações na experiência técnica. Esses conceitos estão inseridos em sua proposta de apresentar um “novo racionalismo”. Segundo Guo (2019, § 3), essas noções fazem parte do “rico vocabulário empregado por Bachelard para nomear sua própria teoria do conhecimento [no qual] o “não kantismo” revela precisamente uma vontade

²⁹¹ "Il est ici question du plan fonctionnel permettant la liaison et la synthèse de notions fondamentales, telle que la synthèse matière-rayonnement informant l'expérience microphysique et permettant de penser les phénomènes mécaniques à l'échelle corpusculaire".

²⁹² "du point de vue fonctionnel qu'il faudrait caractériser les principes formateurs de la connaissance" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 31).

²⁹³ "Un puissant *a priori* [qui] guide l'expérience. Le réel n'est plus que réalisation" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 58). Voltaremos a este ponto em nossa seção “O *númeno matemático*: objeto quântico e *coisa em si*”.

²⁹⁴ Voltaremos a tratar do papel das matemáticas na última seção deste capítulo.

de reformar o racionalismo clássico partindo da teoria transcendental do conhecimento de Kant”.²⁹⁵

Segundo Vadée (1975, p. 228), embora Bachelard procure se distanciar de uma razão absoluta e fechada, como a de Kant, ele mantém seu racionalismo de inspiração kantiana. Não apenas a categoria de *númeno*, considerada fundamental para pensar a natureza dos microfenômenos, como veremos na próxima seção, mas “todos os problemas filosóficos são colocados em uma problemática que continua o criticismo kantiano, generalizando”.²⁹⁶ Da mesma forma que Guo (2019), e conforme enfatizamos anteriormente, Vadée ressalta que essa generalização do kantismo abrange todas as dialéticas introduzidas por Bachelard em suas análises das atividades científicas e em sua interpretação filosófica das teorias físicas. Seu racionalismo aplicado, que busca uma posição intermediária entre racionalismo e empirismo sustenta o idealismo kantiano. Para o autor, a crítica bachelardiana ao “racionalismo fechado” deve ser entendida dentro do contexto da ideia de *kantismo de segunda posição*, que dialetiza o kantismo e restabelece a postura crítica de Kant. Sua concepção de espírito científico, fundamentada no matematismo e nos princípios abertos da razão, como o *não causalismo* e o *não substancialismo*, questiona a natureza de forma investigativa, assim como um juiz.

Vadée (1975, p. 229) considera que o pensamento de Kant é o ponto de partida de Bachelard. No entanto, ele não aprofunda a perspectiva transcendental modificada que defendendo aqui, pela qual interpretamos as ideias do filósofo francês para além de uma posição estritamente idealista. Segundo a conclusão de Vadée:

[Bachelard] desfaz mais do que seus antecessores a analítica e a estética transcendentais kantianas, mas é para generalizar sua problemática, abrindo-a à dimensão das novas teorias físicas: os conceitos de substância, unidade e causa, assim como o de realidade, emergem pluralizados das dialéticas da razão e da realidade científica, do experimentador e do experimentado, da teoria e do instrumento. Ele desfaz a dialética transcendental, mas ao mesmo tempo a generaliza. Ele oferece duas soluções para as antinomias da razão científica contemporânea diante de seus problemas cosmológicos: o mundo nunca é dado, ele é construído; é um substancialismo de segunda posição que ele afirma em sua ontologia fragmentada, em seu materialismo racional e no realismo dos atos epistemológicos. Por outro lado, a solução para os problemas cosmológicos é remetida ao poder “cósmico” da imaginação e da fantasia. Ele desfaz a razão prática e seus imperativos categóricos, mas duplica todos os seus axiomas epistemológicos com um sistema de valores, que são a transcrição em linguagem normativa, em imperativos categóricos do conhecimento e da cultura, da racionalidade do conhecimento científico. Ele desfaz a

²⁹⁵ "riche vocabulaire qu'emploie Bachelard pour nommer sa propre théorie de la connaissance [dans lequel] le « non-kantisme » révèle précisément une volonté de réformer le rationalisme classique en partant de la théorie transcendantale de la connaissance de Kant".

²⁹⁶ "tous les problèmes philosophiques sont posés dans une problématique qui prend le relais du criticisme kantien, en généralisant".

crítica do juízo para generalizá-la em uma teoria da imaginação material e dinâmica. *A filosofia criticista* permeia o pensamento de Bachelard.²⁹⁷

3.2 O *númeno matemático*: objeto quântico e coisa em si

Em nossa interpretação da epistemologia bachelardiana, reconhecemos uma conexão entre o seu conceito de *númeno matemático* e o conceito kantiano de *númeno* em *sentido positivo*. A nosso ver, é com referência à análise kantiana que podemos alcançar uma compreensão mais profunda do uso que Bachelard faz deste conceito, sendo Kant sua referência principal nesse contexto. O filósofo francês ressignifica a categoria kantiana de *númeno* a fim de compreender os objetos conhecimento da física contemporânea (Lamy, 2005, p. 81-82).

Lamy (2005, p. 87) empreende uma análise etimológica acerca do conceito de *númeno*, destacando sua raiz no grego “*noumena*”, que se traduz como “o que é pensado” ou “o que é compreendido pelo espírito”. Nessa perspectiva, o *númeno* está relacionado a uma atividade intelectual desvinculada da complexidade dos dados sensoriais, representando um objeto que transcende a realidade empiricamente observável. Sob essa ótica, o *númeno* se configura como um objeto independente da percepção sensorial. Kant se apropriou dessa concepção, reinterpretando-a e introduzindo o termo “*númeno*” para descrever um *ser* pensado pelo entendimento puro, um objeto transcendental e indeterminado. Trata-se de um objeto inteligível que não guarda relação com a intuição sensível e, conseqüentemente, carece de valor objetivo.

Lamy explica que Bachelard, sem dúvida, ao empregar a ideia de *númeno*, toma esse empréstimo conceitual de Kant, ampliando seu significado. Ele não faz uso desse termo como um recurso meramente retórico, mas sim como categoria filosófica adequada para compreender a natureza dos novos objetos do conhecimento. Nesse contexto, a noção bachelardiana de *númeno científico* se refere aos objetos da mecânica quântica, que, como já enfatizamos no primeiro capítulo, não possuem relação com a intuição sensível, pois esta ciência não se refere

²⁹⁷ "Il défait donc plus que ses prédécesseurs l'analytique et l'esthétique transcendantales kantienne, mais c'est pour en généraliser la problématique en l'ouvrant à la dimension des nouvelles théories physiques : les concepts de substance, d'unité et de cause, celui de réalité, sortent pluralisés des dialectiques de la raison et du réel scientifique, de l'expérimentateur et de l'expérimenté, de la théorie et de l'instrument. Il défait la dialectique transcendantale mais en la généralisant. Il donne deux solutions aux antinomies de la raison scientifique contemporaine face à ses problèmes cosmologiques : le monde n'est jamais donné, il est construit ; c'est un substantialisme de seconde position qu'il affirme dans son ontologie fractionnée, dans son matérialisme rationnel comme dans le réalisme des actes épistémologiques. D'autre part, la solution des problèmes cosmologiques est renvoyée à la puissance « cosmique » de l'imagination et de la rêverie. Il défait la raison pratique et ses impératifs catégoriques, mais il double tous ses axiomes épistémologiques d'un système de valeurs, qui sont la transcription en langage normatif, en impératifs catégoriques de la connaissance, et de la culture, de la rationalité de la connaissance scientifique. Il défait la critique du jugement pour la généraliser dans une théorie de l'imagination matérielle, et dynamique. La philosophie criticista hante la pensée de Bachelard. Le sens de la critique de l'empirisme et du réalisme est un sûr indice : elle est tout autant dirigée contre tout matérialisme non mécaniste, contre tout matérialisme philosophique que contre l'idéalisme".

mais a esse modo de intuição. Assim, em um primeiro momento da atividade científica (*nouménologie*), eles são “númenos”, na medida em que são objetos do pensamento puro, organizados matematicamente. No entanto, esses objetos não permanecem na mera abstração, uma vez que eles orientam²⁹⁸ a construção de um experimento pelo qual eles se realizam, adquirindo realidade objetiva (*phénoménotechnique*), e disso resulta a sua objetividade. Tem-se então um *númeno científico*, um *númeno positivo* no sentido kantiano.

É particularmente no terceiro capítulo da *Crítica da razão pura*, intitulado “Do princípio da distinção de todos os objetos em geral em fenômenos e númenos”,²⁹⁹ que Kant apresenta a distinção entre o *sentido negativo* e o *sentido positivo* do conceito de númeno.

Segundo Kauark-Leite (2022, p. 314), no *sentido negativo*, o númeno “é uma espécie de objeto transcendental, que não se apresenta à nossa intuição sensível, e pode ser um objeto puramente pensado (...) que têm um sentido limitador”. Kant (Krv, B 307; B 309) se refere a objetos que o entendimento concebe sem fazer referência aos modos de intuição. Trata-se de “objetos simplesmente inteligíveis” como “coisas que são pensadas pelas categorias puras sem qualquer esquema da sensibilidade”. Isso significa que o númeno pode apenas ser pensado, visto que o entendimento emprega suas categorias para concebê-lo, mas permanece incognoscível, uma vez que tais objetos não encontram correspondência na intuição. Nessa perspectiva, o conceito de númeno deve ser compreendido de forma negativa, na medida em que limita o escopo de aplicação do entendimento aos objetos de uma experiência possível.

Kant (Krv, B 307) explica que a sensibilidade não é apenas a doutrina dos *fenômenos*, mas também “a doutrina dos númenos em sentido negativo, isto é, de coisas que o entendimento deve pensar, independentemente da relação com o nosso modo de intuir”, porque é ela que fornece o conteúdo aos objetos pensados pelo entendimento. Uma vez que as categorias do entendimento estão em conformidade com a estrutura da experiência, o entendimento, ao

²⁹⁸ Na seção 3.5 veremos que, em uma abordagem neokantiana, isso pressupõe um esquematismo, como enfatizado por Lamy (2005, 2008).

²⁹⁹ A distinção kantiana entre os conceitos de *fenômeno* e *númeno* é mantida por Bachelard. No entanto, ele a aplica em suas reflexões acerca dos objetos quânticos a fim de pensar a objetividade científica, e não sobre os objetos do conhecimento da mecânica clássica. Em *La philosophie du non*, assim como em outras passagens de suas obras, Bachelard escreve que é o númeno que guia a pesquisa científica do fenômeno. “E para concluir a distinção entre o númeno e o fenômeno, aqui se acumulam no númeno leis que frequentemente contradizem as leis identificadas pela fenomenologia inicial. Forçando um pouco para destacar o paradoxo, poderíamos dizer: *o númeno explica o fenômeno contradizendo-o*. É possível explicar o fenômeno com leis numenais que não são as leis do fenômeno”. [“Et comme pour achever la distinction du noumène et du phénomène, voici que s'accumulent dans le noumène des lois qui sont contradictoires le plus souvent aux lois décelées par la phénoménologie première. En forçant la note pour faire saillir le paradoxe, nous pourrions dire : *le noumène explique le phénomène en le contredisant*. On peut expliquer le phénomène avec des lois nouménaes qui ne sont pas les lois du phénomène” (BACHELARD, 1983 [1940], p. 62). Segundo Gil (1993, p. 103), a distinção e reavaliação da relação kantiana fenômeno e númeno constituem uma correção cultural, a qual, em nossa perspectiva, está associada à tradição neokantiana francesa.

conceber o nmeno, abstraindo todo contido sensível, não pode fazer aplicao de suas categorias. Isso se deve ao fato de que as “categorias são têm significado em relao à unidade das intuies no espaço e no tempo e são podem determinar *a priori* precisamente essa unidade pelos conceitos gerais de ligao” (KANT, Krv, B 308). Na medida em que, no nmeno, a unidade da experiência, dada pela idealidade do espaço e do tempo, não pode ser encontrada, “cessa totalmente a aplicao e ate o sentido das categorias; pois nem a própria possibilidade das coisas que devem corresponder às categorias se pode compreender” (KANT, Krv, B 308).

Nesse contexto, Kant (Krv, B 311) apresenta o conceito de nmeno como “um *conceito-limite* para cercar a pretensão da sensibilidade e, portanto, para uso simplesmente negativo”. Porque essa noo traça os limites da sensibilidade, apontando a impossibilidade de conhecer determinados objetos pensados pelo entendimento para os quais não existe uma intuio correspondente. Assim, fora da relao com a sensibilidade, o entendimento não pode estabelecer nada de *positivo e objetivo*. Em B 342-346, Kant escreve que, “efetivamente, a única condio do uso objetivo de todos os nossos conceitos do entendimento  o modo da nossa intuio sensível, pela qual nos são dados objetos”. Ao fazer abstrao desse modo da intuio, “ficariam os conceitos destituídos de referência a qualquer objeto”. Se os nmenos “são apenas objetos de uma intuio não-sensível”, eles são podem ser admitidos no *sentido negativo*, pois significam apenas “que o nosso modo de intuir não se refere a todas as coisas, mas tão-são aos objetos dos nossos sentidos, que a sua validade objetiva , por conseguinte, restrita”. Ainda que reste espaço para algum outro modo de intuir e para seus objetos, a constituio das faculdades do conhecimento, por intuio sensível e por categorias, não se adequam aos nmenos. “Eis porque não podemos ampliar, positivamente, o campo dos objetos do nosso pensamento para além das condies da sensibilidade e admitir, além dos fenômenos, objetos do pensamento puro”, isto , os nmenos, pelo fato de que “estes não têm qualquer significado positivo que se lhes possa atribuir”.

No entanto, Kant (Krv, B 307) sugere a possibilidade do uso de um *sentido positivo* do conceito de nmeno, que pressupõe uma intuio distinta da sensível, um outro tipo de intuio, a saber, a *intuio intelectual*, cuja possibilidade  negada ja na *Esttica transcendental*. Conforme explica Kauark-Leite (2022, p. 314), no *sentido positivo*, o nmeno  objeto de uma intuio não sensível. Kant (Krv, B 307) escreve que se entendemos o nmeno “como *objeto de uma intuio não-sensível*, admitimos um modo particular de intuio, a intelectual, que, todavia, não  a nossa, de que nem podemos encarar a possibilidade e que seria o nmeno em sentido *positivo*”. Nesse âmbito, o nmeno  pensado como um objeto do pensamento que, teoricamente, poderia ser conhecido cientificamente por meio desse modo particular de

intuição, a qual não requer as formas puras da sensibilidade (o espaço e o tempo) como condições de representações desse objeto.

Segundo Morujão (1981, p. 241), embora as concepções de *coisa em si* e de *númeno* sejam distintas, elas estão relacionadas. Ele destaca que, em algumas passagens da *Crítica da razão pura*, Kant emprega esses termos de maneira intercambiável. No entanto, a distinção entre ambas as noções pode ser entendida por meio da diferenciação kantiana entre *númeno em sentido positivo* e *númeno em sentido negativo*. O autor explica que a noção de *coisa em si* apresenta uma relação estreita com a concepção de *númeno em sentido positivo*: “Mais afastada parece a “coisa em si” do “númeno em sentido negativo”, dada a função limitadora deste na ordem da objectividade, circunscrevendo-a a esfera fenoménica”.

A concepção de *númeno em sentido positivo* pressupõe que o entendimento teria a capacidade de aplicar suas categorias aos objetos do pensamento, desde que estes correspondessem a uma intuição intelectual. “Se quiséssemos, pois, aplicar as categorias a objetos que não são considerados fenômenos, teríamos, para tal, que tomar para fundamento uma outra intuição, diferente da sensível, e o objeto seria então um *númeno em sentido positivo*” (KANT, Krv, B 309), uma vez que poderíamos conhecê-los objetivamente. Segundo Morujão (1981, p. 241), “este uso meta-sensível das categorias originaria um “objecto”, que, *a priori*, negaria os caracteres próprios da intuição sensível”. De maneira problemática, continua o autor, “ultrapassaríamos os limites da experiência e o objecto seria um “objeto inteligível”. Segundo Kant (Krv, B 312), essa problemática reside no fato de que não dispomos de um entendimento “que conheça [esse] objeto, não discursivamente por categorias, mas intuitivamente, por uma intuição não-sensível, possibilidade esta de que não podemos ter a mínima representação”. Morujão explica que Kant não considera inteiramente impossível “conceder valor objectivo às formas puras do entendimento (categorias), fora de todas as condições da sensibilidade, desde que o conteúdo sensível seja substituído pelo conteúdo de uma *intuição intelectual*”.

Segundo Kauark-Leite (2022, p. 312-313), Kant atribui uma importância central ao conceito de *intuição intelectual* na filosofia. Na teoria kantiana, o termo “intelectual” não deve ser confundido com “inteligível”, uma vez que o primeiro se refere à faculdade do entendimento, que é responsável por conectar as intuições provenientes da experiência. Enquanto o segundo se refere aos objetos que só podem ser representados pelo entendimento e aos quais nenhuma intuição sensível pode se referir. É nesse sentido que Kant nomeia os *objetos inteligíveis* como *númenos*. Portanto, “a função “intelectual” do entendimento puro se mostra como um princípio de ligação do fenômeno na experiência”, enquanto o termo “inteligível” tem uma relação com o *noumena*, que ultrapassa a experiência e não pode ser apreendido pelas

intuições”. Nessa contraposição com a noção de inteligível, “o conceito de intelectual tem uma significação positiva em Kant”, embora não tenha correlação com a intuição. No entanto, “um intelecto não humano que buscasse fornecer intuições para além da experiência, ou seja, intuições não sensíveis, o objeto da intuição intelectual seria, portanto, o númeno não intuível espaçotemporalmente ou o objeto inteligível”. Isso sugere que a intuição intelectual seja uma intuição inteligível. Entretanto, como enfatizado em B 307 e B 309, Kant negou que essa forma de intuição pudesse fazer parte do nosso entendimento, “a aplicação das categorias não pode transpor a fronteira dos objetos da experiência” (KANT, Krv, B 309).

Em *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Bachelard admite tanto o *sentido negativo* quanto o *sentido positivo* do conceito de númeno como parte do pensamento contemporâneo. Ele observa que a racionalidade apresentada pela mecânica quântica permitiu superar o limite imposto pela filosofia kantiana acerca das condições de possibilidades do conhecimento. Conforme ele escreve:

A física moderna supera uma timidez da filosofia; afinal, em uma topologia da metafísica, como classificar de outra forma a microfísica contemporânea senão atribuindo-lhe o lugar e a função da “coisa em si”? Sem dúvida, a filosofia moderna raramente fala mais sobre a noção de coisa em si, exceto para denunciar uma contradição metafísica. Seria uma noção que fundamentaria o dado na própria negação do dado. Seria como um monstro de ilogismo. Mas o pensamento segue seu curso apesar das barreiras de um logicismo prévio. A organização da microfísica é numenal, a microfísica é um domínio de racionalidade. O átomo é um aglomerado de razões. A microfísica racional tem seus próprios princípios de organização, como o princípio de Pauli, por exemplo. O princípio de Pauli não emerge nos fenômenos do conhecimento comum e, no entanto, racionaliza todo um setor de fenômenos químicos.

Parece-nos, portanto, que a microfísica ofereceu de repente uma síntese *da noção negativa de coisa em si* e da *noção positiva de númeno*.³⁰⁰

Conforme enfatizamos no primeiro capítulo,³⁰¹ a física contemporânea realizou uma *síntese histórica* que não contradiz a física clássica. Entre o pensamento não newtoniano e o newtoniano, há uma *contração*, e não uma contradição. A mecânica newtoniana se tornou um caso particular das mecânicas não newtonianas, que são apresentadas como *generalizações*

³⁰⁰ "la physique moderne surmonte une timidité de la philosophie ; car enfin dans une topologie de la métaphysique comment classer autrement la microphysique contemporaine qu'en lui assignant la place et la fonction de la « chose en soi » ? Sans doute, la philosophie moderne ne parle plus guère de la notion de chose en soi que pour y dénoncer une contradiction métaphysique. Ce serait une notion qui fonderait le donné dans la négation même du donné. Elle serait comme un monstre d'illogisme. Mais la pensée fait son chemin en dépit des barrages d'un logicisme préalable. L'organisation de la microphysique est nouménale, la microphysique est un domaine de rationalité. L'atome est une touffe de raisons. La microphysique rationnelle a ses propres principes d'organisation, comme par exemple le principe de Pauli. Le principe de Pauli n'affleure pas dans les phénomènes de la connaissance commune et cependant il rationalise tout un secteur de phénomènes chimiques. Il nous semble donc que la microphysique vienne soudain d'offrir *une synthèse de la notion négative de chose en soi* et de la *notion positive de noumène*" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 15-16 - itálico ajouté).

³⁰¹ Cf. seção 1.1.2.

dialéticas (Bachelard, 1999 [1934]). Assim, enquanto o kantismo se alinha com os objetos da mecânica clássica e do conhecimento comum, abordando os limites do conhecimento apenas em relação ao *sentido negativo* do conceito de númeno, a emergência da mecânica quântica e seus objetos, que não são objetos da intuição sensível, possibilita ressignificar e ampliar o *sentido positivo* desse conceito, “atribuindo-lhe um lugar e uma função”. Na perspectiva bachelardiana, a microfísica trouxe uma modificação no sentido e na abrangência da categoria kantiana de númeno, agora aceitando seu sentido positivo (Lamy, 2008, p. 201). Com a aplicação desse conceito, Bachelard busca compreender como, em mecânica quântica, é possível alcançar um conhecimento objetivo sem uma relação com os dados da experiência sensível (Lamy, 2005, p. 84). No entanto, a utilização positiva do conceito de númeno na compreensão dos objetos quânticos demanda uma abordagem *não kantiana*, que não descarta os princípios do kantismo clássico, mas os integra em uma visão mais ampla, conforme demonstramos na seção anterior. Dessa forma, estabelece-se, assim como ocorre na *síntese histórica* entre física clássica e física contemporânea, uma *contração* entre o kantismo e o não kantismo, instaurando uma coerência epistemológica.

É essa contração que nos permite encontrar o fenômeno restrito no interior do númeno que o envolve, o caso particular no caso geral, sem que nunca o particular possa evocar o geral. Doravante, o estudo do fenômeno se torna uma atividade puramente numenal; é a matemática que abre as novas vias da experiência.³⁰²

Lamy (2008, p. 201), ao ressaltar que a categoria bachelardiana de númeno é pensada como um objeto matemático da mecânica quântica, destaca que o númeno, para Bachelard, “não é um desconhecido ou uma coisa em si inapreensível”.³⁰³ Nesse contexto, Gil (1993, p. 103) enfatiza que Bachelard atribui “ao caráter hipotético do númeno [positivo] kantiano um caráter apodítico”. Ao negar a proposição kantiana de que “o númeno seja apenas da ordem do pensamento e não do domínio do conhecimento, ele afirma que a coisa em si é cientificamente cognoscível”. Isso quer dizer que “se o novo espírito científico é levado a considerar um númeno, esse númeno tem um valor objetivo”.³⁰⁴ Desse modo, se Bachelard entende o númeno como a *coisa em si* cognoscível, esse conceito não pode ser o mesmo que o de Kant no sentido

³⁰² "C'est cette contraction qui nous permet de trouver le phénomène restreint à l'intérieur du noumène qui l'enveloppe, le cas particulier dans le cas général, sans que jamais le particulier puisse évoquer le général. Désormais l'étude du phénomène relève d'une activité purement nouménale ; c'est la mathématique qui ouvre les voies nouvelles à l'expérience" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 62).

³⁰³ "Car s'il est un pur objet de pensée, le noumène mathématique n'est pas un inconnaissable ou une insaisissable chose en soi".

³⁰⁴ "donne au caractère hypothétique du noumène [positive] kantien un caractère apodictique. En niant que le noumène soit seulement de l'ordre de la pensée et non du domaine de la connaissance, il affirme que la chose en soi est scientifiquement connaissable. Si donc le nouvel esprit scientifique est amené à penser un noumène, ce noumène a une valeur objective"

negativo, isto é, como uma noção que limita o conhecimento aos fenômenos. Assim, as considerações de Gil (1993) reforçam as de Lamy (2008, p. 201), que afirma que “a reutilização bachelardiana da categoria de númeno se inscreve no sentido positivo desse conceito em Kant, visto que Bachelard rejeita a ideia de uma limitação *a priori* do conhecimento científico”.³⁰⁵

É essa compreensão apresentada em “Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique”. Nesse texto, Bachelard questiona a ideia de limite do conhecimento: “o conceito de limite do conhecimento científico tem um sentido absoluto? É mesmo possível traçar as fronteiras do pensamento científico? Estamos verdadeiramente confinados em um domínio objetivamente fechado? Estamos subjugados a uma razão imutável?”³⁰⁶ A ideia de limite do conhecimento nega ao pensamento discursivo a capacidade de conhecer as *coisas em si* mesmas, um conceito que teria sido empregado “quase inconscientemente” para justificar as limitações das ciências na busca de resolução de problemas específicos.

No entanto, segundo Bachelard, essa posição metafísica não tem relevância para o novo espírito científico, uma vez que o pensamento discursivo tem a capacidade de abordar e solucionar os desafios que lhe são impostos, mediante uma reconsideração crítica de seus problemas. O que se mostra como impossível para uma ciência é, na verdade, um problema mal formulado. Como ele afirma, o espírito científico “poderia argumentar que *um problema insolúvel é um problema mal colocado*, que uma experiência descrita como irrealizável é uma experiência onde a impossibilidade já está inserida nos dados”. Bachelard conclui que “a declaração de uma limitação implica numa condenação ao fracasso, pois o problema impossível já impõe um método de resolução defeituoso (...) a constatação de uma impossibilidade não é de nenhum modo sinônimo de uma limitação do pensamento”.³⁰⁷ Isso porque o desenvolvimento das ciências é caracterizado pela reformulação constante de seus problemas. Assim, os limites do pensamento científico são delineados pelas próprias ciências, não sendo absolutos, pois estão intimamente ligados à sua evolução onde novas ideias são assimiladas, ampliando os limites do que pode ser conhecido.

³⁰⁵ "la réutilisation bachelardienne de la catégorie de noumène s'inscrit dans le sens positif de ce concept chez Kant, Bachelard refusant l'idée d'une limitation *a priori* de la connaissance scientifique".

³⁰⁶ "Le concept de limite de la connaissance scientifique a-t-il un sens absolu ? Est-il même possible de tracer les frontières de la pensée scientifique ? Sommes-nous vraiment enfermés dans un domaine objectivement clos ? Sommes-nous asservis à une raison immuable ?" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 77).

³⁰⁷ "pourrait arguer qu'un problème insoluble est un problème mal posé, qu'une expérience décrite comme irréalisable est une expérience où l'on place l'impossibilité dans les données. Trop souvent l'énoncé d'une limitation implique une condamnation à échouer parce que le problème impossible impose déjà une méthode de résolution défectueuse (...) la constatation d'une impossibilité n'est nullement synonyme d'une limitation de la pensée" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 79).

As considerações apresentadas em “Noumène et microphysique”, destacam a tese da cognoscibilidade do númeno. Segundo Bachelard, com a racionalidade da mecânica quântica, o númeno não é mais “um simples postulado metafísico ou um convencional símbolo de união”, uma vez que, “pela reflexão, encontramos nele uma estrutura complexa; é justamente essa complexidade harmônica que lhe confere sua objetividade discursiva”, uma *objetividade* que, “sozinha pode ser exposta, experimentada, e confirmar sua universalidade”.³⁰⁸ A mecânica quântica, “ao nos fazer sentir a coordenação necessária das noções numerais, nos permite falar de uma estrutura do númeno”, que é construído “por um esforço matemático”.³⁰⁹ Uma vez que o númeno é pensado matematicamente, ele traz a marca “de uma existência ao mesmo tempo orgânica e objetiva. E é somente porque é orgânica que se acredita em sua objetividade”.³¹⁰ Assim, a mecânica quântica é uma *numenologia* que se comprova pela atividade *fenomenotécnica*. Como destacado em *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, de 1951, trata-se de “uma *ciência numenal*”, concebendo “que o objeto microfísico é um verdadeiro *númeno* e não uma *miniatura* do objeto comum”³¹¹ da intuição sensível, mas de uma *intuição intelectual*, que possibilita a construção matemática desses objetos.³¹²

Como ressaltamos na seção 2.5, os objetos quânticos são objetos fenomenotécnicos do racionalismo aplicado, que são construídos na relação entre o pensamento matemático e a experimentação científica. Desse modo, a compreensão desses fenômenos científicos se encontra intrinsecamente relacionada às relações matemáticas que os coordenam. Essas relações matemáticas “seguem o traço de uma coordenação numenal, sendo objeto de um pensamento coordenado antes de ser objeto de uma verificação experimental”.³¹³ Isso significa que as estruturas matemáticas são concebidas de modo *a priori*, em um nível teórico, anterior à sua aplicação na experimentação. A compreensão dos objetos quânticos ocorre, assim, mediante a identificação das formulações matemáticas que os representam. Bachelard concebe

³⁰⁸ "Ce noumène n'est pas un simple postulat métaphysique ni un conventionnel signe de ralliement. Nous lui trouvons en effet, par la réflexion, une structure complexe ; c'est même à cette complexité harmonique qu'il doit son objectivité discursive, cette objectivité qui seule peut s'exposer, s'éprouver, confirmer son universalité" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 18).

³⁰⁹ "La Physique mathématique, en nous faisant sentir la coordination nécessaire des notions nouménales, nous autorise à parler d'une structure du noumène. (...) Il nous faut le construire par un effort mathématique" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 23-24).

³¹⁰ "Le fait d'être pensé mathématiquement est la marque d'une existence à la fois organique et objective. Et c'est seulement parce qu'elle est organique qu'on croit à son objectivité" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 18).

³¹¹ "la microphysique comme une *science nouménale*. On comprendra alors que l'objet microphysique est un véritable *noumène* et non pas une *miniature* de l'objet commun" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 96).

³¹² A *intuição intelectual* é admitida por Bachelard. No entanto, esse modo particular de intuição não é pensado como parte do entendimento humano, mas como parte do “entendimento científico” (Cf. BACHELARD (1983 [1940], p. 62), um entendimento próprio da racionalidade científica. Voltaremos a este ponto na seção 3.4.

³¹³ "suivent la trace d'une coordination nouménale, ils font l'objet d'une pensée coordonnée avant d'être objet d'une vérification expérimentale" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 16).

esses modelos matemáticos como verdadeiros númenos. Segundo ele, “para compreender um fenômeno, é necessário capturar as variáveis fundamentais, as variáveis que vão entrar na organização matemática”. Essas variáveis “podemos adequadamente chamar de *numerais*, uma vez que elas serão doravante os objetos reais de nosso pensamento”.³¹⁴

O *númeno matemático* possui uma função coordenadora da pesquisa experimental dos objetos quânticos. Conforme expresso em *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, “os númenos do pensamento científico são ferramentas de pensamento para a transformação dos fenômenos. Eles não têm mais nenhuma relação com uma estática coisa em si”.³¹⁵ Eles operam como instrumentos de mediação que estabelecem as condições para a experimentação, promovendo, assim, sua realização em um experimento e a construção de um conhecimento objetivo (Lamy, 2005, p. 84, 2008, p. 201). Pode-se dizer que essa tese da realização dos númenos redefine o significado da “utilidade positiva” da crítica kantiana em relação à metafísica, que admite apenas a função regulativa para os númenos no âmbito da razão prática.³¹⁶ Bachelard, ao encontrar um lugar e uma função para os númenos no campo do conhecimento científico, apresenta-nos a ideia de uma *metafísica positiva*, uma vez que os númenos, como objetos do pensamento racional, dialetizam-se com a experimentação, adquirindo valor objetivo. Trata-se de um *númeno sintético* (Barsotti, 2003, p. 208).

Segundo Bachelard,

a física do átomo nos dá então a ocasião de experimentar algumas noções numerais. Seguindo os ensinamentos da Física matemática, nos encontramos, sem dúvida pela primeira vez, na presença de uma metafísica que é positiva, uma vez que ela se experimenta. É a metatécnica de uma natureza artificial. A ciência atômica contemporânea é mais do que uma descrição de fenômenos, é uma produção de fenômenos. A Física matemática é mais do que um pensamento abstrato, é um pensamento naturalizado.³¹⁷

Assim, a noção de *metafísica positiva* concerne aos númenos, pensados como objetos matemáticos que se *realizam*, isto é, que adquirem uma realidade objetiva mediante um experimento. Conforme destacado por Lamy (2008, p. 203), esse processo tem dois momentos

³¹⁴ "D'un phénomène il faut saisir les variables fondamentales, les variables qui vont entrer dans l'organisation mathématique, les variables que nous pouvons bien appeler *nouménales* puisqu'elles vont désormais être les objets réels de notre pensée" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 187).

³¹⁵ "Les noumènes de la pensée scientifique sont des outils de pensée pour la transformation des phénomènes. Ils n'ont plus rien des rapports avec une statique chose en soi" (BACHELARD, 1965 [1951], p. 7).

³¹⁶ Cf. KANT (Krv, B XXV-BXXVI).

³¹⁷ " La physique de l'atome nous donne alors l'occasion d'essayer quelques notions nouménales. En suivant les enseignements de la Physique mathématique, nous nous trouvons, sans doute pour la première fois, en présence d'une métaphysique qui est positive puisqu'elle s'expérimente. C'est la métatechnique d'une nature artificielle. La science atomique contemporaine est plus qu'une description de phénomènes, c'est une production de phénomènes. La Physique mathématique est plus qu'une pensée abstraite, c'est une pensée naturée" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 23-24).

distintos, mas complementares na construção dos objetos quânticos, a saber, o da atividade *numenológica* e o da *fenomenotécnica*, o da “organização *a priori* da experiência em um espaço de configuração, determinando um plano racional de pesquisas experimentais”, e o “da realização fenomenotécnica, que reintroduz uma dimensão realista”.³¹⁸ Como discutido na seção 2.5, é esse processo de síntese entre razão e experimentação que fundamenta o racionalismo aplicado. Trata-se de um racionalismo que toma como pressuposto o *sentido positivo* do conceito kantiano de númeno, ampliando sua significação, na perspectiva de explicar a *construção* dos novos objetos do conhecimento. Nota-se, assim, no racionalismo aplicado de Bachelard, uma característica eminentemente neokantiana.

É por essa razão que, em *Le nouvel esprit scientifique*, Bachelard escreve que entre o fenômeno e o númeno científicos, “não se trata mais de uma dialética distante e ociosa, mas de um movimento alternativo que, após algumas retificações dos projetos, sempre tende a uma realização efetiva do númeno”. A fenomenotécnica “*fortalece o que transparece por trás do que aparece*. Ela se instrui pelo que constrói.” Portanto, a mecânica quântica constrói seus objetos “por um impulso racional, imanente ao espírito”. Trata-se de um “mundo à imagem da razão” na medida em que se *realiza* os númenos matemáticos.³¹⁹ Conforme expresso em *Le rationalisme appliqué*, “deve-se conceder à equação que governa os dois aspectos da fenomenotécnica o valor de um *númeno*. Aqui, pensa-se antes de realizar, para realizar. O númeno é um *objeto* de pensamento, assim como o fenômeno é um *objeto* de percepção”. Nesse contexto, “a coerência técnica apenas realiza a coerência numenológica. Na fenomenotécnica - temos aqui mais uma prova disso - tudo se desenvolve na direção do racionalismo aplicado”.³²⁰

Essa coerência numenológica é de natureza *indutiva*, porque ela induz matematicamente a experiência, permitindo a construção de novos objetos. Por isso, Bulcão (2009) destaca que o

³¹⁸ "Le premier consiste en l'organisation *a priori* de l'expérience dans un espace de configuration, déterminant un plan rationnel de recherches expérimentales. (...) Le second moment est alors celui de la réalisation phénoménoteknique, qui réintroduit une dimension réaliste".

³¹⁹ "Entre le phénomène scientifique et le noumène scientifique, il ne s'agit donc plus d'une dialectique lointaine et oisive, mais d'un mouvement alternatif qui, après quelques rectifications des projets, tend toujours à une réalisation effective du noumène. La véritable phénoménologie scientifique est donc bien essentiellement une phénoménoteknique. *Elle renforce ce qui transparait derrière ce qui apparait*. Elle s'instruit par ce qu'elle construit. (...) La science suscite un monde, non plus par une impulsion magique, immanente à la réalité, mais bien par une impulsion rationnelle, immanente à l'esprit. (...) l'activité spirituelle de la science moderne s'attache à construire un monde à l'image de la raison. L'activité scientifique réalise, dans toute la force du terme, des ensembles rationnel" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 16-17 – itálico ajouté).

³²⁰ "On doit bien conférer à l'équation qui commande les deux cantons de la phénoménoteknique la valeur d'un noumène. Ici l'on pense avant de réaliser, pour réaliser. Le noumène est un *objet* de pensée comme le phénomène est un *objet* de perception. La cohérence nouménologique n'a rien à voir avec les liens perçus dans les images premières. (...) puisque la cohérence technique ne fait que réaliser la cohérence nouménologique. En phénoménoteknique — nous en avons ici une preuve de plus — tout se développe dans le sens du rationalisme appliqué" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 168-169).

racionalismo aplicado é, essencialmente, um “racionalismo indutor”. Segundo Vadée (1975, p. 76), a função indutiva das matemáticas desempenha um papel fundamental na realização dos novos objetos da física, representando a aplicação do pensamento racional na experiência científica. Nas ideias bachelardianas, “indução” e “aplicação” são termos sinônimos, cujo significado reside na “construção” ou mesmo de “invenção” do real científico por meio do pensamento matemático. Nesse sentido, a indução, cujo valor é destacado na matemática, significa a *construção* de novos fenômenos. Uma vez que são as relações matemáticas que caracterizam o nùmeno científico, pode-se dizer que a indução matemática é uma “indução numenal”. Segundo Gil (1993, p. 108), é devido a esse valor indutivo das matemáticas na construção de objetos que se pode “conhecer a coisa em si como substrato que se esconde por trás ou sob os fenômenos”.³²¹ Para Gil, a noção kantiana de *ilusão transcendental* não se aplica ao contexto do nùmeno científico.

Segundo Kant (Krv, B 350-355), a *ilusão transcendental* emerge da aplicação dos princípios racionais além dos limites de uma experiência possível, caracterizando-se como um uso *transcendente* desses princípios, ao invés de um uso *transcendental*, o qual delinea as condições de possibilidade da própria experiência. Nossa interpretação sugere que Bachelard conserva o aspecto transcendental, destacando que os conceitos racionais da mecânica quântica, ao apresentarem *a priori* o objeto, obtém valor ontológico mediante a experimentação. Portanto, como observa Gil (1993, p. 106), a *coisa em si* em Bachelard é um *objeto a ser conhecido* e não uma *ilusão transcendental*. Segundo ele, a síntese entre o nùmeno científico e fenômeno científico da física do novo espírito científico,

resolvem as antinomias da dialética transcendental, pois permitem fundamentar objetivamente os fenômenos científicos não apenas de maneira problemática na *negação* do fenômeno, mas de forma apodítica em uma *afirmação* construtiva necessária do objeto científico (a realização numenal do fenômeno e a realização técnica dessa realização numenal). A antinomia desaparece quando se considera o objeto da ciência não como dado, mas como objeto construído.³²²

Nesse contexto, em “Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique”, Bachelard expressa seu “otimismo racionalista” ao afirmar que, uma vez que “*o mundo oculto*

³²¹ "grâce à ce que Bachelard appelle la valeur inductive des mathématiques, la science peut produire des objets qui échappent à la phénoménalité sensible. Le noumène scientifique, qui permet de connaître la chose en soi comme substrat qui se cache derrière ou sous les phénomènes, n'est donc pas une illusion transcendantale".

³²² "La nouménologie et la phénoménotéchnique contemporaines dégagent la raison des antinomies de la dialectique transcendantale parce qu'elles permettent de fonder objectivement les phénomènes scientifiques non pas seulement de façon problématique dans la négation du phénomène, mais apodictiquement dans une affirmation constructive nécessaire de l'objet scientifique (la réalisation nouménale du phénomène et la réalisation technique de cette réalisation nouménale). L'antinomie s'efface dès qu'on considère l'objet de la science non pas comme un donné mais comme un objet construit".

sob o fenômeno é mais claro do que o mundo aparente”, e que “*as primeiras constituições numerais são mais sólidas do que as aglomerações fenomenais*”,³²³ “o véu de Maia está levantado. A intuição crítica revela-se ilusão”.³²⁴

Neste ponto, é possível notar uma referência à filosofia hindu. No entanto, interpretamos como uma alusão a Kant por meio de Schopenhauer, que procurou identificar o conceito Maia com a concepção kantiana de fenômeno (Mesquita, 2019, p. 35).

Em *O mundo como vontade e como representação*, de 1818, Schopenhauer (2005 [1819], p. 450) escreve que “o Véu de Maia turva o olhar do indivíduo comum. A este se mostra, em vez da coisa-em-si, meramente o fenômeno no tempo e no espaço”. Schopenhauer completa que, “em tal forma de conhecimento limitado, o indivíduo não vê a essência das coisas, que é una, mas seus fenômenos isolados, separados, inumeráveis, bastante diferentes e opostos entre si”. Segundo Schopenhauer (2005, p. 528), pela doutrina de Maia “não se entende outra coisa senão aquilo que Kant nomeia o fenômeno em oposição à coisa-em-si”. Nessa concepção, Maia representa o “mundo visível no qual estamos, um efeito mágico que aparece na existência, uma aparência inconstante e inessencial, em si destituída de ser, comparável à ilusão de ótica”. Ela representa “um véu que envolve a consciência humana”. Assim, o filósofo conclui que Kant “não só expressou a mesma doutrina de um modo totalmente novo e original, mas fez dela, mediante a exposição mais calma e sóbria, uma verdade demonstrada e incontestável”.

Mesquita (2019) explica que o conceito de Maia na filosofia hindu possui ao menos duas significações fundamentais. Primeiramente, é considerado como a causa da existência das coisas materiais. Em segundo lugar, é entendido como a mutabilidade eterna do mundo fenomênico. Neste segundo sentido, Maia é representada como a *ilusão* do intelecto na compreensão do mundo, pois é concebida como aquilo que molda a percepção humana sobre o mundo fenomênico, alterando assim a forma pela qual entendemos a realidade material. Portanto, ao ser associada ao intelecto humano, Maia é responsável por induzir *ilusões*, lançando um *véu* que encobre e distorce a percepção da verdadeira realidade. Essa interpretação é, por exemplo, fundamentada na tradição filosófica indiana *Advaita Vedānta*, onde Maia é vista como a forma ilusória de compreensão da realidade, impedindo os seres humanos de alcançarem diretamente a verdade subjacente aos objetos do mundo. Mesquita (2019, p. 41) ainda explica que, nessa perspectiva, o véu de Maia é uma forma de empobrecer o entendimento

³²³ "Voici tout de suite une confirmation de mon optimisme rationaliste : *Le monde caché sous le phénomène est plus clair que le monde apparent. Les premières constitutions nouménales sont plus solides que les agglomérations phénoménales*" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 82 – itálico souligné par l’auteur).

³²⁴ "Le voile de Maya est soulevé. L'intuition critiquée se révèle illusion" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 82).

da realidade. Por ser a maneira pela qual o intelecto humano percebe os fenômenos, o conceito de Maia foi vinculado por Schopenhauer ao conceito kantiano de fenômeno, que representa a única forma de conhecimento acessível a nós. Dessa forma, o véu de Maia é interpretado como o limite do nosso conhecimento ao mundo fenomênico, ocultando-nos o mundo numênico.

Bachelard, ao sugerir que o *véu da ilusão* foi levantado, pretende expressar que a mecânica quântica nos concede acesso ao conhecimento daquilo que está “por trás” dos fenômenos, ou seja, os númenos, agora com realidade objetiva, como destacou Gil (1993, p. 108), não representando, portanto, uma *ilusão transcendental*. Isso implica que a ilusão causada por Maia foi dissipada. Por meio do pensamento discursivo, é possível compreender os objetos em sua essência matemática, os quais regulam os fenômenos da realidade física. Nesse âmbito, é “a intuição crítica [que] se revela ilusão”, pois, em física atômica, as barreiras impostas pela experiência sensível estão superadas. O tempo e o espaço como condições *a priori* da sensibilidade não impõem limites ao pensamento discursivo da física contemporânea. É necessário, portanto, repensar o papel e o lugar das intuições no novo espírito científico.

3.3 A reformulação das intuições puras

Como destacamos na seção 3.1, a experiência científica da nova física, definida por Bachelard como *transcendência experimental*, demandou modificações no kantismo, na medida em que ela não está mais ligada à intuição sensível do objeto comum da física clássica, mas sim aos objetos de natureza matemática. Desse modo, Bachelard introduz a ideia de *intuições trabalhadas* para compreender os modos de apreensão desses objetos, isto é, dos *númenos matemáticos*. Estes correspondem à *coisa em si* cognoscível, algo que, em Kant, é inacessível e tem um sentido negativo, conforme vimos na seção anterior. Bachelard, diante dos avanços da física de sua época, considera que “não há nenhuma região do ser que seja intransponível, e o que Kant considerava inacessível devido à impotência da ciência de seu tempo para penetrar nos corpos agora está ao nosso alcance” (GUO, 2019, § 7).³²⁵

As *intuições trabalhadas* se referem às constituições numerais que organizam e constroem o real microfísico, rompendo com um realismo e empirismo ingênuos que se baseiam na observação sensorial direta. Elas pertencem ao domínio mesmo do racionalismo científico. Nesse sentido, Guo (2019, § 7) explica que as modificações que Bachelard opera no kantismo

³²⁵ "montre qu'il n'y a pas de région de l'être qui soit infranchissable, et que ce que Kant jugeait inaccessible en raison de l'impuissance de la science de son temps à pénétrer dans les corps est désormais à portée de main".

busca liberar o pensamento da fenomenologia imediata e lhe conceder o “acesso à numenalidade, mas a uma numenalidade apenas *métrica*, ou seja, relativa ao poder de nossas teorias e instrumentos de medição”.³²⁶ Isso significa que, embora os objetos não sejam acessíveis à sensibilidade, eles podem ser entendidos por meio das teorias e dos instrumentos de medição. Para o autor, essa modificação no kantismo oferece uma nova base à ontologia, a qual foi enfraquecida na filosofia de Kant em razão da rigidez de seu formalismo. Com Bachelard, a ontologia³²⁷ transcendental se torna possível devido à flexibilidade dos conceitos racionais, permitindo explicar a objetividade dos objetos não sensíveis da física contemporânea, que transpõem os limites da *Estética transcendental* e da *Dialética transcendental*.

A reinterpretação bachelardiana das formas *a priori* da intuição sensível face às características dos novos objetos do conhecimento é apresentada na seguinte fórmula por Bachelard em *La philosophie du non*:

Para satisfazer às novas necessidades do entendimento em sua reforma diante dos novos fenômenos, acreditamos que será necessário (...) elevar as duas formas de intuição sensível até o entendimento, deixando a sensibilidade em seu papel puramente afetivo, como auxiliar da ação comum. Chegaremos assim a uma determinação dos fenômenos no espaço *pensado*, no tempo *pensado*, em suma, em formas estritamente adaptadas às condições em que os fenômenos são *representados* (...) o plano da *representação* devidamente intelectualizada é o plano em que trabalha o pensamento científico contemporâneo; o mundo dos fenômenos científicos é nossa representação intelectualizada.³²⁸

Essa adaptação das formas da sensibilidade estabelece modificações também no entendimento, uma vez que esta faculdade deve agora incorporar um *espaço* e um *tempo* conceituais. Com Bachelard, essas formas são agora mais abstratas e intelectuais, apresentando-se como o plano de representação matemática dos objetos, que depende do campo teórico da física contemporânea. Desse modo, esse plano de representação vai além das intuições sensíveis e assume uma natureza racional no âmbito da racionalidade científica, preservando sua função *a priori* na construção do conhecimento objetivo. Disso resulta a noção bachelardiana de *intuição numenal* ou *intuição trabalhada*, que Bachelard também nomeia *intuição intelectual*. Como observa Lamy (2005, p. 100), “o microfenômeno não pode ser apreendido antes de sua

³²⁶ "accès à la nouménalité, mais à une nouménalité seulement *métrique*, c'est-à-dire relative à la puissance de nos théories et de nos instruments de mesure".

³²⁷ Ver também nossa seção “A reinterpretação da síntese kantiana e os juízos sintéticos *a priori*”.

³²⁸ "Pour satisfaire les besoins nouveaux de l'entendement dans sa réforme devant les nouveaux phénomènes, nous croyons qu'il faudra (...) faire monter les deux formes de l'intuition sensible jusque dans l'entendement, en laissant la sensibilité à son rôle purement affectif, à son rôle d'auxiliaire de l'action commune. Nous aboutirons ainsi à une détermination des phénomènes dans l'espace *pensé*, dans le temps *pensé*, bref dans des formes strictement adaptées aux conditions dans lesquelles les phénomènes sont *représentés* (...) le plan de la *représentation* dûment intellectualisée est le plan où travaille la pensée scientifique contemporaine ; le monde des phénomènes scientifiques est notre représentation intellectualisée" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 110).

informação racional por meio de ferramentas matemáticas, dado que não temos nenhuma intuição sensível dele e não podemos observá-lo como um fato empírico”.³²⁹

Na perspectiva de Bachelard, há espaço para a *intuição intelectual*, que, como discutido em nossa seção do *númeno matemático*, difere da abordagem de Kant em relação ao conhecimento dos objetos inteligíveis. Na resignificação bachelardiana, esse modo particular de intuição está intrinsecamente ligado ao domínio do pensamento matemático, servindo como condição de possibilidade do conhecimento científico. Como ele escreve em *Le rationalisme appliqué*, “tem-se a intuição clara dos fenômenos depois de sua compreensão matemática. A intuição intelectual multiplica a clareza da intuição sensível”.³³⁰ Isso porque a matemática oferece uma forma de representar e organizar os fenômenos mediante uma estrutura conceitual, levando a uma intuição dos objetos. A mecânica quântica trabalhando nesse campo de intuição intelectualizada impõe que se “veja através dos olhos do espírito [o] mundo invisível” de seus objetos. “Feche os olhos para a realidade e confie em suas intuições intelectuais. Vocês construirão um mundo racional e produzirão fenômenos desconhecidos”, desde que as teorias e suposições não sejam contraditórias e racionalmente impossíveis.³³¹

Em *La philosophie du non*, Bachelard destaca que essa nova forma de intuição contribui para fortalecer a base de seu *racionalismo não kantiano*. Como ele afirma: essa nova filosofia pode ser reforçada se “pudéssemos demonstrar que a ciência matemática pura, trabalhando com as intuições de espaço e tempo, prepara conexões capazes de se apresentar como estruturas prévias para a física de segunda aproximação, para a física do micro-objeto”.³³² Sua concepção visa remover todo elemento sensível do conhecimento do espaço e “devolver assim ao espaço sua função pura de conexão”,³³³ a qual deve ser explorada no âmbito do *númeno matemático*. No entanto, essa função pura do espaço não é meramente formal, uma vez que contribui para a *síntese conceitual*.

³²⁹ "Le microphénomène ne peut être saisi avant son information rationnelle par des outils mathématiques, dans la mesure où nous n'en avons aucune intuition sensible et ne pouvons l'observer en tant que fait empirique".

³³⁰ "On a l'intuition claire des phénomènes après leur compréhension mathématique. L'intuition intellectuelle multiplie les clartés de l'intuition sensible" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 153).

³³¹ "Voyez par les yeux de l'esprit ce monde invisible (...) Assurez-vous d'abord seulement que tout cela est possible rationnellement, c'est-à-dire qu'aucune contradiction intime ne s'est glissée au sein de vos suppositions premières (...) Toutes ces précautions préalables une fois prises, fermez les yeux sur le réel et confiez-vous aux intuitions intellectuelles. Vous allez construire un monde rationnel et vous allez produire des phénomènes inconnus" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 150-151).

³³² serait fortifiée si l'on pouvait montrer que la science mathématique pure, travaillant sur les intuitions d'espace et de temps prépare des connexions capables de s'offrir comme des cadres préalables à la physique de deuxième approximation, à la physique du micro-objet" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 94).

³³³ "rendre ainsi à l'espace sa fonction pure de connexion" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 94).

Uma reflexão semelhante ocorre em *L'engagement rationaliste*, mas agora em relação à noção de tempo, examinada através do conceito de *simultaneidade*. Bachelard explica que esse conceito demanda uma revisão *neocrítica*,³³⁴ implicando uma reconsideração da noção formal de intuição temporal do criticismo, à luz das novas experiências objetivas por meio das quais essa noção pode ser verificada. Não é mais o caso de ter as “seguranças na intuição da sensibilidade interna, seja ela kantiana ou bergsoniana, formal ou realista. É necessário poder descrever e estabelecer experiências objetivas que permitam *verificar* essa simultaneidade”.³³⁵

Em outro trabalho, Lamy (2008, p. 204-206) enfatiza que a noção bachelardiana de *intuição trabalhada* se apresenta como o resultado da crítica às intuições imediatas, sendo essa crítica o ponto de partida para fundamentar as novas intuições. Isso não implica, como destaca Barsotti (2003, p. 197), uma ruptura total nem com o nível da intuição sensível nem com o kantismo. De fato, em *La philosophie du non*, Bachelard enfatiza a necessidade de “corrigir e dialetizar um a um todos os elementos da intuição”³³⁶ como uma característica de seu projeto de atualização do kantismo. Segundo Barsotti,

Bachelard critica o “intuicionismo simplista” do kantismo, as “intuições comuns” que este se contenta em moldar em prol de uma “fenomenologia da simples percepção”, mas reivindica para os fenômenos da microfísica experimental e da fenomenotécnica em geral um surpreendente plano de “*intuição microgeométrica*”, também designada como “*intuição enfraquecida*”, que apenas pode ser compreendida como uma intuição certamente situada em outro plano ou nível de profundidade na intuitividade global, mas não em ruptura metafísica absoluta com o nível da intuição perceptiva.³³⁷

A noção de *intuição trabalhada* é pensada em analogia funcional com a intuição imediata. “Entre as intuições elaboradas e a experiência de microfísica, haveria então o mesmo relacionamento funcional que entre as intuições naturais de espaço e a experiência comum”.³³⁸ Segundo Lamy (2008, p. 204-205), enquanto esta última está ligada à experiência comum, a *intuição trabalhada* tem uma função para a experiência científica, apresentando-se “como uma

³³⁴ Cf. BACHELARD (1972 [1972], p. 125).

³³⁵ Il ne s'agit plus de prendre des sécurités dans l'intuition de la sensibilité interne, que cette intuition soit kantienne ou bergsonienne, qu'elle soit formelle ou réaliste. Il faut pouvoir décrire et instituer des expériences objectives qui permettent de *vérifier* cette simultanété" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 126).

³³⁶ "il nous faudrait corriger et dialectiser un à un tous les éléments de l'intuition" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 104).

³³⁷ "Bachelard s'en prend à l'« intuitionnisme simpliste » du kantisme, aux « intuitions communes » que celui-ci se contente de mettre en forme au profit d'une « phénoménologie de la simple perception », mais revendique pour les phénomènes de l'expérience microphysique et de la phénoménotéchnique en général un plan surprenant d'« *intuition microgéométrique* », désignée encore comme « *intuition affaiblie* » qui ne peut se com prendre que comme une intuition certes située sur un autre plan ou palier en profondeur dans l'intuitivité globale, mais non en rupture métaphysique absolue avec le niveau de l'intuition perceptive".

³³⁸ "Entre les intuitions travaillées et l'expérience de microphysique, il y aurait alors le même rapport fonctionnel qu'entre les intuitions naturelles d'espace et l'expérience commune" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 94).

intuição preparada e mediada por um estudo discursivo”.³³⁹ Lamy ainda explica que esse modo de intuição é o resultado de uma construção racional e pressupõe as formas *a priori* do espaço e do tempo. No entanto, sua função vai além das concepções de Kant, ao fundar formas *a priori* mais abstratas, que são o espaço e o tempo *pensados*, que contribuem fundamentalmente na construção da experiência científica. Essas novas intuições, como a base do plano da representação matemática dos fenômenos, operam como se fossem as intuições imediatas, tendo uma “função na nova hierarquia de valores racionais e valores experimentais. A intuição numenal funciona como intuição originária para o pensamento científico”.³⁴⁰

Barsotti (2003, p. 186-187), assim como Lamy (2008), também enfatiza que a posição bachelardiana de uma *intuição trabalhada*, que incorpora novas formas *a priori* do espaço e do tempo, vai além da perspectiva de Kant no que diz respeito à constituição dos fenômenos. Ele explica que Bachelard ao transpor a matemática, que em Kant está associada à intuição sensível, para o domínio do entendimento, ele aprofunda a *síntese* entre os conceitos racionais e a realidade na construção do conhecimento, renovando a perspectiva transcendental. Tiles (1984) também reconhece os avanços de Bachelard em relação a Kant nesse contexto. Ao destacar que na perspectiva bachelardiana o pensamento matemático tem o papel da intuição como fonte de verdade, fornecendo estruturas racionais para a formulação das teorias científicas e substituindo a intuição sensível na construção do conhecimento objetivo, Tiles enfatiza que esse distanciamento com a teoria kantiana da experiência não descarta o kantismo como ponto de partida. “A relação entre formas matemáticas e experimentais é concebida por analogia com a relação em Kant entre as estruturas impostas pelo entendimento e pela intuição”.³⁴¹

Entretanto, Barsotti (2003) avança em relação a Lamy (2008) e Tiles (1984), ao enfatizar que Bachelard mantém a perspectiva transcendental, na medida em que ele pensa o espaço e o tempo *conceituais* como condições de possibilidade da construção da experiência científica. Como ele afirma:

a interrogação sobre a força de penetração das estruturas ideais na constituição do fenômeno espaço-temporal, revela-se muito mais motivada no que diz respeito a Bachelard. A razão para isso é clara e nos lança diretamente no cerne da questão: é que Bachelard opera uma *mudança das matemáticas da intuição sensível para o entendimento*, sem nada perder, além disso, as *exigências transcendentais de construtibilidade* na experiência fenomenal.³⁴²

³³⁹ "l'« intuition travaillée » se présente comme une intuition préparée et médiatisée par une étude discursive".

³⁴⁰ "à leur fonction dans la nouvelle hiérarchie des valeurs rationnelles et des valeurs expérimentales. L'intuition nouménale fonctionne comme intuition originnaire pour la pensée scientifique".

³⁴¹ "the relation between mathematical and experimental forms is conceived by analogy with the relation in Kant between structures imposed by understanding and by intuition".

³⁴² "l'interrogation sur la force de pénétration des structures idéelles dans la constitution du phénomène spatio-temporel, elle s'avère à l'égard de Bachelard beaucoup plus motivée. La raison en est éclatante, et nous jette d'un

A análise bachelardiana da perda da relação imediata da construtibilidade intuitiva parece inviabilizar, inicialmente, a ideia de uma dedução transcendental. No entanto, uma vez que Bachelard não descarta uma ontologia dos fenômenos, ele mantém essa orientação transcendental, não se limitando a uma perspectiva idealista ou realista das ciências, mas intermediária. Sua abordagem busca compreender as condições *a priori* dos objetos do conhecimento científico por meio das matemáticas, valorizando as construções racionais em relação à experiência científica, mas destacando que esta possui as condições de aplicação dos conceitos da razão. Assim, a objetividade do conhecimento exige tanto as categorias da razão científica quanto novas formas de intuição, demandando uma dedução transcendental (Barsotti, 2003, p. 191).

Segundo Barsotti (2003), as *intuições trabalhadas* têm como base a geometria não euclidiana, que, em Bachelard, não se limita apenas a uma estrutura numeral e matemática. Ela adquire um significado mais profundo, uma vez que funciona como uma estrutura de “doação de intuitividade”. Desse modo, a ideia de fundar um *não kantismo* como uma tradução contemporânea do kantismo clássico, seguindo o estilo das novas geometrias, implica que o tempo e o espaço *pensados* possuem características transcendentais, pois não se restringem apenas ao formalismo do entendimento. Não obstante, as novas formas têm um sentido diferente daquele apresentado na filosofia de Kant, uma vez que se referem a um novo objeto do saber. Barsotti, assim como Lamy (2008), destaca que as novas formas da intuição são condições de possibilidade da validade do conhecimento científico, na medida em que elas realizam uma síntese entre o domínio da intuitividade e o domínio conceitual das matemáticas. Não sendo meramente abstratas, elas moldam a compreensão dos objetos, realizando uma síntese *a priori* na experiência científica, a síntese *númeno-fenômeno* instaurada pela física contemporânea. Bachelard escreve que “conhecer cientificamente uma lei natural é conhecê-la tanto como fenômeno quanto como númeno”.³⁴³

As formas *a priori* da sensibilidade em Kant se aplicam a um tipo específico de experiência e objeto, sendo formas intuitivas simples. A física contemporânea não nega essas formas, mas as considera em um contexto mais amplo, pois os fenômenos científicos vão além de meras conceituações. A compreensão desses objetos não ocorre somente pela razão. É

seul coup *in medias res* : c'est que Bachelard opère un *déplacement des mathématiques de l'intuition sensible vers l'entendement*, sans rien perdre par ailleurs des *exigences transcendantales de constructibilité* dans l'expérience phénoménale".

³⁴³ "Connaître scientifiquement une loi naturelle, c'est la connaître à la fois comme phénomène et comme noumène" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 5).

necessário também levar em conta as formas da intuição sensível em uma *síntese ontológica*. Segundo Barsotti (2003, p. 198), Bachelard propõe uma “*síntese ontológica* que é *transcendental*, porque envolve as formas do nosso conhecimento, atravessando as diferentes camadas de intuição, desde a superfície até a profundidade dos fenômenos”.³⁴⁴ Assim como Kant, Bachelard reconhece a importância da intuição como meio de acessar o real, embora essa intuição não se restrinja mais ao domínio sensível, representando uma alteração nas concepções kantianas. No entanto, o autor ressalta que, apesar dessas mudanças, não se pode afirmar uma ruptura com a perspectiva transcendental. Elas indicam, na verdade, um ajuste dessa perspectiva em um novo contexto científico.

3.4 A reforma das categorias do entendimento

A revisão do kantismo proposta por Bachelard é mais profunda, pois não se limita a transferir o tempo e o espaço do domínio da sensibilidade para o campo do entendimento. Sua reinterpretação também redefine a função e o lugar das categorias face ao contexto da física contemporânea, em um projeto de *despsicologização* mais radical do kantismo. Isso significa repensar o quadro *a priori* das formas e categorias do conhecimento não mais no contexto de uma consciência universal e legisladora, mas no domínio da racionalidade científica. Em *La philosophie du non*, Bachelard ressalta a distinção entre o *entendimento* da cultura científica, que se preocupa principalmente com objetos de natureza matemática, e o *entendimento* do sujeito conhecedor, que lida mais diretamente com os objetos sensíveis: “o entendimento formado na cultura científica é muito diferente do entendimento formado na observação comum”.³⁴⁵

Segundo Gil (1993, p. 106-107), o “racionalismo não kantiano que Bachelard denomina em 1936 de *surracionalismo*”³⁴⁶ está intrinsecamente ligado à ruptura entre o senso comum e o conhecimento científico. Isso significa que é preciso trabalhar com categorias da razão não apenas em relação entre um sujeito cognoscente do mundo comum e sensível estudado pela física clássica, mas também no âmbito da cultura científica. “O kantismo não permite mais marcar a ruptura epistemológica entre o psicologismo do conhecimento comum e o não

³⁴⁴ "une *synthèse ontologique* qui est *transcendantale* parce qu'elle engage les formes de notre connaissance, entre les différentes couches d'intuition étagées, de la surface à la profondeur des phénomènes".

³⁴⁵ "l'entendement formé dans la culture scientifique est très différent de l'entendement formé dans l'observation commune" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 62).

³⁴⁶ "le rationalisme non-kantien que Bachelard appelle en 1936 *surrationalisme*".

psicologismo *atuante* do novo racionalismo da ciência contemporânea”.³⁴⁷ Esse *não psicologismo* refere-se à natureza *funcional* e *dialética* das categorias, alterando assim o criticismo. No entanto, as *novas categorias*, mais flexíveis e mais sintéticas (Bachelard, 1983 [1940], p. 89), são mantidas como condições de possibilidade da experiência científica, isto é, admitindo seu uso transcendental na compreensão da física do novo espírito científico.

Desse modo, diferentemente de Kant, essas *novas categorias* são concebidas como intrínsecas à racionalidade científica e não mais vinculadas à estrutura psicológica do sujeito cognoscente. Segundo Gil (1993, p. 107), “despsicologizar o kantismo significa, para Bachelard, inibir a “razão arquitetônica” pela “razão polêmica”, é “passar da estrutura para a função”,³⁴⁸ instaurando um *kantismo funcional*. Bachelard atribui à racionalidade científica uma “realidade psicológica” que não depende inteiramente de um sujeito na objetivação do conhecimento, mas da comunidade científica. Como ele escreve em “L’idéalisme discursif”, na contemporaneidade, surge um novo tipo de psiquismo, o *ortopsiquismo*”, responsável pela construção do conhecimento objetivo.³⁴⁹

Gil (1993, p. 108-109) reforça essa interpretação da despsicologização do kantismo em Bachelard, reconhecendo a perspectiva transcendental, da seguinte forma:

O progresso do conhecimento científico não está mais apenas limitado ao exercício de um entendimento legislador *a priori* sobre os fenômenos sensíveis; ele é obra de uma razão pura que não mais renuncia às suas pretensões ontológicas no domínio científico. As axiomáticas são princípios formais puros que não têm a função de apenas receber, como moldes para raciocinar, os produtos do entendimento, mas sim de lhes conferir realidade. Porém, essa realidade dada ao que Kant chama de *Ideias* da razão não é dada no sentido de uma metafísica negativa (...). Ela é aquela de uma estrutura matemática que funciona ao se aplicar (GIL, 1993, p. 108-109).³⁵⁰

Desse modo, o *não kantismo* ou *kantismo aberto* de Bachelard implica uma reformulação da ideia de entendimento proposta pela filosofia kantiana (Guo, 2019, § 7). O entendimento é agora pensado no âmbito da cultura científica. Isso envolve repensar o papel e o lugar das categorias, como *causalidade* e *substância*, que são princípios de síntese na *Lógica*

³⁴⁷ "Le kantisme ne permet plus de marquer la rupture épistémologique entre le psychologisme de la connaissance commune et le non-psychologisme *en acte* du nouveau rationalisme de science contemporaine".

³⁴⁸ "Dépsychologiser le kantisme, c'est pour Bachelard inhiber la « raison architectonique » par la « raison polémique », c'est « passer de la structure à la fonction".

³⁴⁹ Voltaremos a este ponto na última seção deste capítulo.

³⁵⁰ "Le progrès de la connaissance scientifique n'est plus seulement limité à l'exercice d'un entendement légiférant *a priori* sur les phénomènes sensibles ; il est l'œuvre d'une raison *pure* qui ne renonce plus à ses prétentions ontologiques dans le domaine scientifique. Les axiomatiques sont des principes formels purs qui n'ont pas pour fonction de recevoir, comme des moules à raisonner, les produits de l'entendement, mais plutôt de leur donner réalité. Mais cette réalité donnée à ce que Kant appelle les Idées de la raison n'est pas donné dans le sens d'une métaphysique négative (...) Elle est celle d'une structure mathématique qui fonctionne en s'appliquant" (GIL, 1993, p. 108-109).

transcendental. Como destacamos na primeira seção deste capítulo, nesse projeto de reformulação do kantismo, Bachelard busca *abrir* as categorias do entendimento, isto é, dialetizar as categorias da razão a fim de torná-las mais sintéticas e dinâmicas.

Em *La philosophie du non*, o filósofo francês escreve que ele vai se “*empenhar* em mostrar o uso *não kantiano* da categoria de substância”,³⁵¹ estabelecendo assim sua conexão com o kantismo. Ele explica que, uma vez que o novo objeto é o resultado de uma realização racional por meio de técnicas peculiares, não sendo, portanto, um objeto do real comum, “essa realização pressupõe uma racionalização prévia com aspecto kantiano”.³⁵² Essa racionalização deve ser examinada por meio de uma dialética da categoria de substância. “A dialetização de uma noção prova, aos nossos olhos, o caráter racional dessa noção. (...) Se a noção de substância pode ser dialetizada, será uma prova de que ela pode realmente funcionar como uma categoria”.³⁵³

O que significa, para Bachelard, um uso *não kantiano* da categoria de substância? Significa que a nova categoria de substância não está apenas limitada ao seu aspecto fenomenológico, mas também possui uma dimensão numenal ou conceitual, que transcende a mera observação empírica. Isso quer dizer que a substância pode ser compreendida na síntese entre a experiência técnica e as estruturas conceituais, como subestruturas geométricas, elétricas ou estatísticas. Em outras palavras, o *não kantismo* da substância não se limita à descrição das propriedades de um objeto, uma vez que busca entendê-lo mediante a síntese racional e conceitual que inclui aspectos não sensíveis. A categoria de substância é então estendida, pois inclui estruturas conceituais subjacentes e suas interações com outras substâncias, referindo-se ao campo ontológico.

Guo (2019, § 7) e Lamy (2005, p. 98) explicam que a nova categoria de substância impõe esquemas racionais que combinam várias funções. São esquemas hipotéticos por meio dos quais se prefigura as propriedades de um objeto ainda desconhecido, isto é, de um objeto matemático ainda não inserido na experimentação técnica onde ele encontra realização ontológica. “Uma fórmula matemática substitui a substância anteriormente pensada de forma realista (ou seja, como existente em si mesma e independentemente como uma determinada

³⁵¹ “*entreprendre* de montrer l'usage non-kantien de la catégorie de substance” (BACHELARD, 1983 [1940], p. 59).

³⁵² “Cette réalisation suppose une rationalisation préalable d'allure kantienne” (BACHELARD, 1983 [1940], p. 53).

³⁵³ “la dialectisation d'une notion prouve, à nos yeux, le caractère rationnel de cette notion. (...) Si la notion de substance peut se dialectiser, ce sera la preuve qu'elle peut fonctionner vraiment comme une catégorie” (BACHELARD, 1983 [1940], p. 53).

unidade)” (LAMY, 2005, p. 98).³⁵⁴ Bachelard explica que esses esquemas *a priori* sugerem experiências, favorecendo realizações em experimentos em uma perspectiva de síntese. “Apenas a *realização sintética* permite determinar um tipo de hierarquia das funções substancial”.³⁵⁵

A ressignificação bachelardiana da categoria de substância mantém uma similaridade funcional com a perspectiva kantiana, na medida em que desempenha o papel de organizar *a priori* a experiência científica como princípio de síntese. No entanto, ao contrário de Kant, essa categoria não é concebida como absoluta e invariável. Integrada ao *entendimento científico*, pensado como racionalidade científica, Bachelard a encara de maneira funcional e dinâmica, como parte de seu projeto de ampliar e flexibilizar o kantismo. Esse uso funcional e dinâmico (não sendo, portanto, realístico) significa que a definição dos objetos é determinada pelas condições de detecção dos instrumentos de medição. Isso quer dizer que a definição de uma substância depende mais de como ela é medida do que de suas propriedades intrínsecas. É necessário considerar a “incorporação das condições de detecção na definição das substâncias, de modo que a definição de uma substância é, em certos aspectos, função de uma vizinhança substancial”.³⁵⁶ Nesse contexto, há um tipo de relatividade e dinamismo da categoria de substância, que não é mais absoluta, uma vez que ela depende das condições de detecção.

A análise de Guo (2019) apresenta outra consideração importante acerca da reformulação das categorias kantianas por Bachelard. Ele destaca também que o filósofo francês repensa as três categorias kantianas de *quantidade*, que são *unidade*, *pluralidade* e *totalidade*, no contexto apresentado pela mecânica quântica. Os fenômenos quânticos não possuem uniformidade e constância, revelando-se mais complexos que os objetos do conhecimento comum da física clássica. Essa complexidade implica que as propriedades intrínsecas a esses objetos, como carga elétrica e comportamento, variam em relação a determinadas condições, como a posição. Essa inconstância e variação põem em questão as regras básicas de operação matemática que se aplicam perfeitamente aos objetos sensíveis, pois não podem se aplicar de forma direta e precisa aos objetos quânticos. A física contemporânea emprega conceitos mais complexos para entender o comportamento desses objetos. Em mecânica quântica, ocorre uma interconexão entre as categorias de unidade e de totalidade, uma

³⁵⁴ "Une formule mathématique se substitue à la substance pensée auparavant de façon réaliste (c'est-à-dire comme existant en elle-même et de façon indépendante comme unité donnée".

³⁵⁵ "Seule la *réalisation synthétique* permet de déterminer une sorte de hiérarchie des fonctions substantielle" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 55).

³⁵⁶ "Incorporation des conditions de détection dans la définition des substances, de sorte que la définition d'une substance est par certains côtés fonction d'un voisinage substantiel" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 70).

vez que um objeto individual se relaciona com um sistema de objetos. Isso significa que um objeto é influenciado por outros objetos do sistema observado.

A complexidade inerente ao estudo dos objetos quânticos destaca os limites da concepção kantiana das categorias de quantidade. Enquanto Kant as considerava como conceitos estáticos e independentes, a observação dos novos objetos da física sugere que essas categorias não são tão distintas e isoladas. Elas interagem dinamicamente, influenciando-se mutuamente. Isso implica que a simples contagem de objetos individuais não é suficiente para compreender a totalidade de um sistema atômico, uma vez que essa totalidade também exerce influência sobre os elementos individuais.

Bachelard propõe, assim, uma nova compreensão das categorias kantianas, que não são consideradas independentes entre si (Guo, 2019). Essa interação entre as categorias implica que uma modifica a outra. Como explica Canguilhem (2012 [1994], p. 211), “a solidariedade das três categorias, substância, unidade e causalidade provoca que a modificação da primeira repercute sobre o uso das outras”. Isso implicar conceber essa relação mútua entre os conceitos do entendimento em um novo kantismo. Em “Noumène et microphysique”, Bachelard explica que a relação complexa entre as categorias de unidade (identidade) e totalidade implica reconsiderar a categoria de causalidade. Segundo ele:

Se quiséssemos caracterizar filosoficamente essa relação complexa entre a categoria de unidade e a categoria de totalidade, talvez fosse necessário dizer que a metafísica atômica considera uma interferência entre a noção de número e a noção de ordem. Uma coleção de objetos concretos pode muito bem refletir as operações de adição pelas quais foi formada. A aritmética comum do átomo não é necessariamente uma mera repetição da aritmética cardinal resumida pela linguagem comum. Como tal perturbação na identidade e repetição do ser não afetaria a causalidade dos objetos? Como poderíamos ter o direito de postular a causalidade uniforme dos fenômenos considerados como unidades se nem mesmo estamos seguros da uniformidade das unidades em seu papel aritmético?³⁵⁷

O conceito kantiano clássico de causalidade precisa ser reavaliado. Ao contrário dos físicos da escola de Copenhague, Bachelard não declara o declínio dessa categoria, mas também não busca salvá-la à maneira de Grete Hermann.³⁵⁸ Como ele escreve em “Noumène et microphysique”: “as revolucionárias férias da causalidade, proclamadas por alguns físicos,

³⁵⁷ "Si l'on voulait caractériser philosophiquement ce rapport complexe de la catégorie d'unité à la catégorie de totalité, il faudrait peut-être dire que la métaphysique atomique envisage une interférence de la notion de nombre et de la notion d'ordre. Une somme d'objets concrets peut très bien porter trace des opérations d'addition par lesquelles elle a été formée. L'arithmétique ordinaire de l'atome n'est pas nécessairement une simple redite de l'arithmétique cardinale résumée par le langage usuel. Comment un tel trouble dans l'identité et la répétition de l'être ne réagirait-il pas sur la causalité des objets ? Comment aurions-nous le droit de postuler la causalité uniforme des phénomènes pris pour unités si nous ne sommes même pas assurés de l'uniformité des unités dans leur rôle arithmétique ?" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 23-23).

³⁵⁸ Cf. HERMANN (1996 [1935]).

talvez pareceriam mais orgânicas; elas se legitimariam à medida que se tornassem mais generalizadas”.³⁵⁹ As mudanças na categoria de causalidade no contexto dos objetos quânticos são justificadas dentro de um quadro de generalização racional. Não se pode aplicar as mesmas regras habituais de causa e efeito a esses objetos. Seria um erro conceitual fazer uso da ideia de probabilidade no estudo desses objetos como se estes fossem entidades concretas, pois a noção de probabilidade não envolve uma aritmética comum. O próprio método estatístico utilizado para estudar esses objetos está intrinsecamente ligado aos fenômenos quânticos em si, o que complexifica, mas não anula, a compreensão da categoria de causalidade na realidade microfísica.

Bachelard mostra como a categoria da causalidade, longe de desaparecer, na verdade se generaliza, o distúrbio causal do nosso conhecimento se tornando expressável em uma nova interferência do ser e do provável (o método estatístico não sendo independente do elemento que organiza). Assim, o númeno científico rejeita uma análise que seguiria os princípios gerais da experiência usual como Kant teorizou. Mas, como Bachelard ainda diz, ele não está completamente nessa recusa (GUO, 2019, § 10).³⁶⁰

Pode-se notar que essa posição bachelardiana põe em questão a ideia geralmente afirmada por alguns comentadores de que a “Interpretação de Copenhague é adotada por Bachelard” (GUIMARÃES, 2018, p. 10). Além disso, conforme explica Kauark-Leite (2012), as interpretações do princípio clássico de causalidade não são consensuais entre os físicos da interpretação ortodoxa.

Segundo Kauark-Leite (2012), Planck identifica esse princípio “com o do determinismo, adotando a seguinte definição: “um evento é causalmente condicionado, quando puder ser predito com certeza” (p. 170). Bohr, diferentemente de Planck, “recusa associar o comportamento causal e determinista do formalismo quântico a uma imagem representativa do universo microscópico” (p. 170). Ao levar em consideração a impossibilidade de separação entre o comportamento dos objetos e os instrumentos de medições, Bohr sustenta que “a causalidade clássica, como princípio epistêmico de explicação, não mais se aplica, e a imprecisão nas medições das variáveis conjugadas não pode ser negligenciada” (p. 171). Heisenberg, em um primeiro momento, nega um valor epistêmico ao princípio de causalidade, mas em seguida ele adere às considerações de Bohr e passa a atribuir um valor limitado a esse

³⁵⁹ "les révolutionnaires vacances de la causalité, proclamées par certains physiciens, paraîtraient peut-être plus organiques ; elles se légaliseraient puisqu'elles se généraliseraient" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 22).

³⁶⁰ "Bachelard montre comment la catégorie de la causalité, loin de disparaître, en fait se généralise, le trouble causal de notre connaissance devenant exprimable dans une nouvelle interférence de l'être et du probable (la méthode statistique n'étant pas indépendante de l'élément qu'elle organise). Ainsi, le noumène scientifique refuse une analyse qui suivrait les principes généraux de l'expérience usuelle telle que Kant l'a théorisée. Mais, comme le dit encore Bachelard, il n'est pas tout entier dans ce refus".

princípio, destacando um “caráter complementar, mutuamente excludente, entre a descrição espaço-temporal dos eventos observáveis e a lei de causalidade expressa pelo formalismo quântico” (p. 171). Max Born, “divergirá em pelo menos um aspecto fundamental da análise da causalidade proposta por Bohr e Heisenberg, apesar de ser um grande defensor do princípio de complementaridade” (p. 172). Causalidade e determinismo são tomados por Born como duas noções distintas. Se por um lado, “o determinismo postula que os eventos em tempos diferentes estão de tal modo conectados por uma lei, que permitem previsões tanto no tempo futuro quanto no passado” (p. 172), por outro, a causalidade supõe “que uma situação física observável depende de outra e a lei causal estabelece a dependência entre elas” (p. 172). Assim, “desvencilhada do determinismo, a causalidade permanece válida na mecânica quântica, apesar da relação de dependência ser do tipo probabilista. A noção de probabilidade é assim associada à de causalidade” (p. 172).

São as reflexões de Reichenbach que ecoam nas ideias de Bachelard, que reconhece a solidariedade do princípio de causalidade com a noção de probabilidade. Bachelard afirma que Reichenbach “indicou em algumas páginas luminosas as relações exatas da ideia de causa e da ideia de probabilidade”.³⁶¹ No mesmo parágrafo, ele ressalta que o filósofo alemão:

mostra que as leis mais rigorosas exigem uma interpretação probabilística. "As condições que são submetidas ao cálculo nunca são, de fato, realizadas; assim, no cálculo do movimento de um ponto material, de um projétil, por exemplo, não podemos levar em conta todos os fatores que intervêm. Se, no entanto, podemos fazer excelentes previsões, devemos isso à noção de probabilidade, que expressa uma lei para os fatores não considerados no cálculo." E ele conclui que toda aplicação ao real das leis causais implica uma consideração de probabilidade.³⁶²

Com base na ideia de correlação entre os conceitos de causalidade e probabilidade, Bachelard adota uma posição diferente em relação à Planck, Bohr e Heisenberg, aproximando-se das considerações de Born e Reichenbach. No entanto, seus argumentos são elaborados mediante a dialética representada pela *filosofia do não*. Isso significa que, embora as ideias de Bachelard se aproximem da posição de Born e Reichenbach acerca do princípio de causalidade, não é possível afirmar que ele adote suas reflexões. Avançando a respeito das reflexões de Reichenbach, Bachelard escreve que “as leis causais podem ser, na verdade, necessariamente

³⁶¹ "a indiqué en quelques pages lumineuses les rapports exacts de l'idée de cause et de l'idée de probabilité" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 123).

³⁶² "Il montre que les lois les plus rigoureuses appellent l'interprétation probabilitaire. « Les conditions que l'on soumet au calcul ne sont, en fait, jamais réalisées ; ainsi, dans le calcul du mouvement d'un point matériel, d'un projectile par exemple, nous sommes dans l'impossibilité de tenir compte de tous les facteurs qui interviennent. Si néanmoins nous pouvons faire d'excellentes prévisions, nous le devons à la notion de probabilité, qui exprime une loi pour les facteurs non considérés dans le calcul. » Et il conclut que toute application au réel des lois causales implique une considération de probabilité" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 123).

reduzidas a leis estatísticas”,³⁶³ o que implica uma mudança na categoria de causalidade, que é agora compreendida por meio de padrões estatísticos. Essas leis estatísticas, que fundam o conhecimento em mecânica quântica, “dariam lugar a uma *física não causal*, sempre do mesmo estilo onde a negação do postulado de Euclides permite definir uma geometria não euclidiana”.³⁶⁴ Na reinterpretação bachelardiana do kantismo, a categoria de causalidade é então generalizada, sendo compreendida na complexidade das relações de probabilidade que marcam os novos objetos do conhecimento, assumindo um caráter racional e organizador da experiência.

Bachelard não elabora uma reinterpretação sistemática da *tábua* kantiana das categorias, mas assume a interconexão entre elas para introduzir novos conceitos do entendimento, agora acoplados ao pensamento matemático, como “categorias matemáticas, categorias que mudarão à medida que a matemática se desenvolve” (TILES, 1984, p. 210).³⁶⁵ Segundo Tiles (1984), Bachelard não se limita em reconhecer as formas lógico-formais das categorias, uma vez que as considera em seus aspectos matemáticos, como estruturas racionais que operam *a priori* e de forma ativa na construção do conhecimento objetivo. Isso porque, conforme veremos em nossa seção acerca da reinterpretação bachelardiana da síntese kantiana, as matemáticas, tanto para Bachelard quanto para Kant, não se limitam a descrever a realidade física. Ao contrário, elas possuem uma função construtora. É por isso que, segundo Tiles, as *categorias matemáticas* desempenham um papel semelhante às categorias do entendimento em Kant, uma vez que elas organizam o campo da experiência objetiva. Elas representam estruturas racionais empregadas pela física contemporânea para compreender e construir a realidade microfísica.

Guo (2019, § 11) complementa que, ao reformular as categorias kantianas do entendimento em categorias mais dinâmicas e matemáticas, Bachelard não teria estabelecido uma nova arquetônica racional³⁶⁶ nem teria tido o propósito de substituir o sistema kantiano. Em vez disso, seu objetivo era conceber uma filosofia mais alinhada com a ciência de sua época. Como o autor expressa:

podemos observar que o “kantismo aberto” ou o “não kantismo” de Bachelard não resultou em uma nova arquetônica. Em primeiro lugar, Bachelard, de forma voluntária ou não, não é sistemático em sua crítica: ele segue principalmente o fio

³⁶³ "les lois causales peuvent être, en fait, nécessairement réduites à des lois statistiques" (REICHENBACH apud BACHELARD, 1999 [1934], p. 125).

³⁶⁴ "Elles donneraient lieu à une physique non-causale, toujours dans le même style où la négation du postulat d'Euclide permet de définir une géométrie non-euclidienne" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 125).

³⁶⁵ "mathematical categories, categories which will change as mathematics develops".

³⁶⁶ Barsotti (2003, p. 208) oferece outra concepção, destacando que ao abordar as geometrias não euclidianas, Bachelard introduz uma arquetônica mais profunda da razão. Isso se caracteriza por uma divisão interna e uma fragmentação profunda da razão em relação aos níveis ontológicos dos fenômenos. Ver nossa seção 3.6: “A reinterpretação da síntese kantiana e os juízos sintéticos *a priori*”.

condutor das análises epistemológicas das ciências físicas ou químicas em desenvolvimento e não necessariamente revisa os diferentes elementos da teoria kantiana do conhecimento. Além disso, não se trata para ele de substituir um sistema por outro: essa empreitada não está mais em voga. Por fim, Bachelard sempre buscou reabilitar o aspecto polêmico da razão em detrimento do aspecto arquetônico, o que caminha na direção de uma filosofia adaptada à ciência.

3.5 A ideia de *esquematismo*: mediação entre matemática e experimentação

Enfatizamos que a construção dos objetos quânticos tem, inicialmente, origem no pensamento racional, por meio do estudo dos *númenos matemáticos*. Em seguida, esses númenos se manifestam na experimentação, concretizando-se. Surge então a questão: como ocorre essa transição do domínio racional para o campo experimental? O que possibilita a *aplicação* do númeno matemático a um instrumento de medição? Segundo Tiles (1984, p. 206), é a matemática que apresenta um papel importante nesse processo, uma vez que ela oferece estruturas racionais pelas quais teorias abstratas são traduzidas em modelos matemáticos precisos que podem ser aplicados em um experimento. Esses modelos mediam, assim, teoria e experimentação na atividade científica. Esse aspecto do pensamento de Bachelard enfatizado por Tiles é interpretado por Lamy (2005, 2008) como uma analogia com o esquematismo kantiano. Nesta seção, seguiremos com as ideias do autor, pois suas análises destacam o espírito bachelardiano de atualização do kantismo, mantendo a perspectiva transcendental. Mas antes vejamos, ainda que de maneira sucinta, como Kant descreve sua noção de *esquematismo transcendental* na *Crítica da razão pura*.

No primeiro capítulo da *Analítica transcendental*, intitulado “Do esquematismo dos conceitos puros do entendimento”, Kant introduz o conceito de *esquematismo transcendental* como um elemento mediador para explicar de que modo a *heterogeneidade* dos conceitos puros do entendimento se aplicam às intuições sensíveis. Na síntese objetivante, deve haver uma *representação* por meio da qual se estabeleça uma *homogeneidade*, a qual torna possível a aplicação dos conceitos aos objetos. Kant (Krv, B 177) apresenta, assim, o esquematismo transcendental como um “terceiro termo” que estabelece essa homogeneidade. Como ele afirma, trata-se de “um terceiro termo, que deva ser, por um lado, homogêneo à categoria e, por outro, ao fenômeno e que permita a aplicação da primeira ao segundo”. O esquematismo transcendental é, assim, uma representação mediadora pura que é, “por um lado, *intelectual* e, por outro, *sensível*”. Isso significa que é por meio do esquematismo que se estabelece a correlação entre a faculdade da sensibilidade e a faculdade do entendimento.

Kant identifica na noção de *tempo* o elemento mediador entre conceitos e intuições. Em B 178, a determinação transcendental do tempo é apresentada como o *esquema* que possibilita a subordinação dos objetos da experiência possível às categorias. Segundo ele, a determinação transcendental do tempo é homogênea tanto com as categorias quanto com os fenômenos. Com relação às categorias, o tempo é *universal* e *a priori*. Com relação aos fenômenos, ele é a condição formal da experiência, estando presente em cada representação empírica. Como Kant afirma: “uma aplicação da categoria aos fenômenos será possível mediante a determinação transcendental do tempo que, como esquema dos conceitos do entendimento, proporciona a subsunção dos fenômenos na categoria”. O uso empírico (e não o uso não transcendental) dos conceitos do entendimento limita as categorias às condições formais da sensibilidade, que são, por sua vez, as condições universais pelas quais as categorias podem ser aplicadas a um fenômeno. Kant denomina essa condição formal da sensibilidade de *esquema*, e de *esquematismo* o processo do entendimento em relação a esses esquemas.

Os *esquemas transcendentais* são produtos das operações da imaginação produtora, que desempenha um papel intermediário entre as faculdades da sensibilidade e do entendimento. Sua função é fornecer uma *imagem* ou *esquema* do fenômeno, indicando quais conceitos podem se aplicar ao dado sensível (Pascal, 2005, p. 77). Kant (Krv, B 180-181) explica que os esquemas não são meras imagens. Como produtos da imaginação, eles representam o fundamento da apresentação de um conceito em uma imagem. Ao criar um esquema, a imaginação produz uma representação que corresponde a um conceito. Desse modo, quando Kant escreve que a imaginação “fornece ao conceito a sua imagem”, referindo-se a essa imagem como o esquema do conceito, tal como expresso em B 180, ele quer dizer que esse processo apresentado pela imaginação torna o conceito aplicável à experiência possível, ao gerar uma representação correspondente.

Este esquematismo do nosso entendimento, em relação aos fenômenos e à sua mera forma, é uma arte oculta nas profundezas da alma humana, cujo segredo de funcionamento dificilmente poderemos alguma vez arrancar à natureza e pôr a descoberto perante os nossos olhos. Só poderemos dizer que a *imagem* é um produto da faculdade empírica da imaginação produtiva, e que o *esquema* de conceitos sensíveis (como das figuras no espaço) é um produto e, de certo modo, um monograma da imaginação pura *a priori*, pelo qual e segundo o qual são possíveis as imagens; estas, porém, têm de estar sempre ligadas aos conceitos, unicamente por intermédio do esquema que elas designam e ao qual não são em si mesmas inteiramente adequadas. Pelo contrário, o esquema de um conceito puro do entendimento é algo que não pode reduzir-se a qualquer imagem, porque é apenas a síntese pura, feita de acordo com uma regra da unidade segundo conceitos em geral, e que exprime a categoria; é um produto transcendental da imaginação, referente à determinação do sentido interno em geral, segundo as condições da sua forma (o tempo), em relação a todas as representações, na medida em que estas devem interconectar-se *a priori* num conceito conforme à unidade da aprecepção (KANT, Krv, B 181).

Segundo Lamy (2005, p. 99, 2008, p. 198), assim como no conceito de númeno, Bachelard realiza uma atualização da noção kantiana de *esquematismo transcendental*. Conforme temos enfatizando no âmbito desta tese, essa reformulação conceitual ocorre dentro de um projeto que busca ampliar as bases do kantismo no novo espírito científico, sendo a reinterpretção do esquematismo kantiano consistente com a ideia bachelardiana de um *kantismo de segunda aproximação*, ou seja, de um *não kantismo*. Lamy (2008, p. 199-200) indica diversas passagens em que Bachelard sugere a ideia de esquematização da experiência científica pelos númenos científicos. Assim, ele destaca:

Desde *Les intuitions atomistiques* (1933), várias passagens retêm nossa atenção. Bachelard diz com efeito que “nossos conceitos são *esquemas* de intervenção” (p. 130-131). Ele fala algumas páginas depois “de um fenômeno precisado, esquematizado, impregnado de teoria (...) Também se fala de um papel para a imaginação na produção de novos fenômenos, o que facilita a tarefa do entendimento na constituição de hipóteses atômicas (p.142); A imaginação científica a qual Bachelard precisa, a propósito do desenvolvimento das posições axiomáticas da atomística contemporânea, que nunca foi mais rica, mais móvel, mais sutil do que na pesquisa contemporânea sobre princípios atômicos (p. 159). Em *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Bachelard fala de espaços de configuração como “formas *a priori* de esquematização” (p. 99). (...) Citemos, para terminar, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* (1951), texto mais tardio onde Bachelard enfatiza que “o pensamento matemático [propõe] os esquemas de estudos para os fenômenos ondulatórios” (p. 188).³⁶⁷

A ideia defendida pelo autor é que, assim como no *esquematismo transcendental*, entre a *numenologia* e a *fenomenotécnica*, deve existir uma espécie de “terceiro termo” que atua como mediador entre ambos os domínios, possibilitando a realização dos númenos matemáticos. Trata-se de uma atividade que torna viável a aplicação do objeto matemático no experimento, permitindo entender como os conceitos racionais podem ser aplicados na pesquisa experimental. Nesse contexto, é importante compreender que a numenologia possui um caráter esquematizante em relação à experiência científica. Segundo Lamy (2005, 2008), é no âmbito da numenologia que ocorre toda a elaboração dos esquemas *a priori* da experimentação técnica, possibilitando a materialização do experimento racional.

³⁶⁷ "Dès *Les intuitions atomistiques* (1933), plusieurs passages retiennent notre attention. Bachelard y dit en effet que "nos concepts sont des *schèmes* d'intervention" (p. 130-131). Il parle quelques lignes plus loin "d'un phénomène précisé, schématisé, imprégné de théorie" (...) Il est par ailleurs question d'un rôle de l'imagination dans la production de phénomènes nouveaux, qui facilite la tâche de l'entendement dans le cadre de la constitution des hypothèses atomiques (p. 142); L'imagination scientifique dont Bachelard précise, à propos du développement des positions axiomatiques de l'atomistique contemporaine, que jamais elle n'a été plus riche, plus mobile, plus subtile que dans les recherches contemporaines sur les principes atomiques (p. 159). Dans *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Bachelard parle d'espaces de configuration comme "formes *a priori* de la schématisation" (p. 99) (...) Citons pour terminer *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* (1951), texte plus tardif où Bachelard souligne que "la pensée mathématique [propose] les schèmes d'études pour les phénomènes ondulatoires" (p. 188)".

Com efeito, segundo Bachelard, os númenos matemáticos, como as fórmulas fresnelianas, são “esquemas abstratos na produção de experiências variadas”.³⁶⁸ É nesse sentido que a numenologia se comprova no trabalho fenomenotécnico, uma vez que a função dos númenos, como explica Lamy (2008, p. 203), é desenhar *a priori* o plano da *representação matemática* em um *espaço pensado* e em um *tempo pensado*, prefigurando matematicamente os objetos quânticos. Bachelard, ele mesmo, escreve que essa prefiguração dos fenômenos é como uma espécie de imagem matemática do objeto. Em suas palavras: “ao lidar com os parâmetros atômicos, tem-se a impressão de que uma série de abstrações bem elaboradas se coordenam para formar uma imagem matemática do concreto”.³⁶⁹ Isso fornece, conforme Lamy (2008), uma estrutura cognitiva para investigar esses objetos no trabalho experimental. O autor exemplifica que “as noções de ondas e corpúsculos (...) atuam como esquemas que permitem a projeção da ideia abstrata de relação no plano da representação, configurado por um espaço e um tempo pensados”.³⁷⁰

Segundo Lamy (2008, p. 201-202), essa função esquematizante da numenologia sugere o seguinte:

os microfenômenos são prefigurados em uma rede de relações, a partir de uma topologia de conceitos que constituem o plano racional que orienta e informa as realizações experimentais. O númeno matemático é um operador cognitivo, uma ideia dinâmica que sugere a experiência científica, determinando racionalmente um programa de pesquisas instrumentais, o que envolve um esquematismo da ideia *a priori*. Assim, o esquematismo numenológico apresenta uma analogia funcional com o esquematismo kantiano, pela operação que consiste em relacionar o objeto de pensamento matemático à experiência científica de laboratório: da mesma forma que o esquema kantiano se coloca como intermediário para dar a um conceito sua imagem, para projetar o conceito na intuição pura a fim de que ele possa informar a experiência sensível, da mesma forma o númeno matemático engaja uma informação *a priori* do campo da experimentação científica pela prefiguração estrutural dessa experiência em espaços de configuração.³⁷¹

³⁶⁸ "schèmes abstraits dans la production des expériences variées" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 46).

³⁶⁹ "A manier les paramètres atomiques, on a l'impression qu'une série d'abstractions bien faites se coordonne pour former une image mathématique du concret". (BACHELARD, 1970 [1970], p. 22).

³⁷⁰ "Les notions d'ondes et de corpuscules, par exemple, opèrent comme des schèmes permettant la projection de l'idée abstraite de relation dans le plan de la représentation, configuré par un espace et un temps pensés".

³⁷¹ "les microphénomènes sont préfigurés dans un réseau de relations, à partir d'une topologie de concepts constituant le plan rationnel qui oriente et informe les réalisations expérimentales. Le noumène mathématique est un opérateur cognitif, une idée dynamique qui suggère l'expérience scientifique en déterminant rationnellement un programme de recherches instrumentales, ce qui met en jeu un schématisme de l'idée *a priori*. Le schématisme nouménologique présente ainsi une analogie fonctionnelle avec le schématisme kantien, par l'opération consistant à relier l'objet de pensée mathématique à l'expérience scientifique de laboratoire : de même que le schème kantien se pose comme intermédiaire permettant de donner à un concept son image, de projeter le concept dans l'intuition pure afin qu'il puisse informer l'expérience sensible, de même le noumène mathématique engage une information *a priori* du champ de l'expérimentation scientifique par la préfiguration structurelle de cette expérience dans des espaces de configuration".

Desse modo, Lamy (2005, p. 99, 2008, p. 201-202) busca especificar as diferenças entre o esquematismo de Bachelard e o de Kant. Com Bachelard, a abordagem muda significativamente, envolvendo modificações conceituais. Não se trata mais de responder como as categorias do entendimento podem se aplicar à intuição sensível, ou seja, de conferir a um conceito uma imagem que possa ser aplicada ao objeto da experiência. Em vez disso, há um deslocamento da problemática do esquematismo, que agora se concentra na concretização do objeto abstrato. Uma vez que a física contemporânea não se refere aos objetos constituídos da intuição sensível, não se trata mais de considerar como os conceitos do entendimento podem ser aplicados a esses objetos. O “esquematismo bachelardiano” opera, assim, no campo da construção de novos objetos, utilizando a função *a priori* dos númenos como condição para estruturar a experiência científica a qual realiza esses objetos. Como enfatizamos em nossa seção do númeno científico, Bachelard explica que o objeto, antes da experimentação, possui uma natureza estrutural, sendo um númeno de estrutura matemática. Essa estrutura “é inicialmente esquemática, teórica, situada entre a convenção e a representação”.³⁷² São esses esquemas que permitem a *sensibilização matemática* do fenômeno, por meio da qual será possível construir o objeto.

Nesse contexto, Lamy (2008, p. 201-202) ressalta a analogia com Kant:

Podemos dizer que, se a sensibilização do conceito se opera em Kant pelo esquematismo e se o conceito puro é incapaz de uma sensibilização *direta* no sistema kantiano, parece que o númeno microfísico em Bachelard é sensibilizado matematicamente e depois realizado experimentalmente.³⁷³

Esse esquematismo dos númenos, concebido como um plano funcional, permite estudar os fenômenos por meio de uma *representação matemática*, na qual se obtém a determinação dos valores numéricos. Segundo Lamy (2005, 2008), isso ocorre nos *espaços de configuração*. Bachelard faz uso desse conceito em diversas passagens de suas obras, como em *Le nouvel esprit scientifique*, de 1934, concebendo esses espaços conceituais como formas *a priori* da esquematização. No entanto, em *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine*, de 1937, ele apresenta o conceito de *espaços abstratos-concretos*, distinguindo-o do conceito de *espaços de configuração* e atribuindo também a essa noção a função esquematizante na atividade racional da física contemporânea. Bachelard escreve que, com a noção de *espaço abstrato-concreto*, seu objetivo é demonstrar “como o pensamento abstrato entra em contato

³⁷² "cette classification structurale est de prime abord schématique, théorique, à mi-chemin entre la convention et la représentation" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 65).

³⁷³ "nous pouvons dire que si la sensibilisation du concept s'opère chez Kant par le schématisme et que si le concept pur est impuissant à une sensibilisation directe dans le système kantien, il apparaît que le noumène microphysique chez Bachelard est sensibilisé mathématiquement puis réalisé expérimentalement".

com a experiência”, ou seja, explicar de que modo “o pensamento abstrato é capaz de incorporar um dado físico sem perder seu valor axiomático”,³⁷⁴ mantendo, assim, o pensamento sintético.

Em todo caso, a ideia central é que a esquematização dos fenômenos ocorre em espaços abstratos, funcionando como condições de possibilidade para a experimentação. Aliás, uma observação não enfatizada por Lamy reside no fato de que, enquanto Kant identifica no tempo, como forma *a priori* da sensibilidade, o elemento mediador para a esquematização, Bachelard identifica esse elemento de mediação no espaço abstrato, que pode ser considerado uma forma da intuição intelectual como elemento mediador.

O argumento apresentado em *Le nouvel esprit scientifique* explica que esses espaços abstratos são tão reais quanto o espaço comum, reforçando a tese da analogia com o esquematismo transcendental. “Eles oferecem ao pensamento matemático o máximo de generalidade, *homogeneidade* e simetria”. Desse modo, esses espaços são importantes para o pensamento sintético, na medida em que eles fornecem uma *imagem* matemática por meio da qual as diferentes variáveis podem ser sintetizadas. Por isso, “eles podem ser considerados como verdadeiras formas *a priori* de esquematização. Desde o instante que quisermos dar um esquema de um conjunto múltiplo, temos que recorrer a espaços de configuração”, na medida em que eles fornecem, mediante um quadro conceitual (esquemas), uma *homogeneidade* para a *heterogeneidade* dos elementos que compõem as diferentes variáveis de uma hipótese física. “Qualquer estudo de relações envolvendo probabilidade requer uma visão sobre elementos numerosos. Esta visão implica um espaço rico em dimensões”.³⁷⁵

Segundo Lamy (2005, p. 102), nos espaços abstratos, as relações matemáticas conferem forma à experiência, organizando o que é disperso em uma unidade organizacional. Essas relações matemáticas sugerem a experimentação, criando as condições para conhecer os fenômenos. Isso estabelece as condições de conexão entre os esquemas de estudos, delineados nesses espaços, e a experiência técnica. “O pensamento matemático tem assim uma função

³⁷⁴ "nous allons tenter d'être plus précis et de montrer comment la pensée abstraite entre en contact avec l'expérience, comment se constitue ce que l'on pourrait peut-être appeler un *espace abstrait-concret*. Nous allons étudier la pensée abstraite au moment où elle réussit à s'incorporer une donnée physique, sans rien perdre de sa valeur axiomatique" (BACHELARD, 1937 [1937], p. 126).

³⁷⁵ "Ils offrent pourtant à la pensée mathématique le maximum de généralité, d'*homogénéité*, de symétrie. Du point de vue de la pensée synthétique, ils sont en quelque sorte plus réels que l'espace ordinaire. On peut les considérer comme de véritables formes *a priori* de la schématisation. Dès l'instant où l'on veut donner un schéma d'un ensemble multiple c'est à des espaces de configuration qu'il faut s'adresser. Ce sont les espaces quasi naturels pour les études de la probabilité. Comme on le sait, toute étude sur des relations impliquant la probabilité réclame une vue sur des éléments très nombreux. Cette vue implique un espace riche en dimensions" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 100 – italice ajouté).

sintética, consistindo a ligar todas as possibilidades experimentais”.³⁷⁶ O plano matemático posiciona o objeto, cujo valor ainda não é conhecido, dentro de um conjunto de valores possíveis, representando um conjunto de variáveis que serão submetidas à verificação experimental. É por isso que, segundo Bachelard, “as propriedades numerais são mais numerosas do que as propriedades fenomenais”. O *átomo perfeito* construído pelo pensamento matemático é mais complexo que o átomo verificado experimentalmente. “Ao construir este ser matemático, tenta-se não esquecer nenhuma variável; (...) tenta-se atribuir-lhe até mesmo tudo o que é possível, em suma, quer-se dar a série inteira sem preocupação de aproximações práticas”.³⁷⁷ No entanto, na experimentação, simplifica-se as variáveis do objeto pensado. Esse processo é apenas possível em razão da esquematização *a priori* do objeto. Conforme explica Lamy (2005, p. 102),

O plano matemático, um plano funcional onde os fenômenos podem ser representados em suas relações de proximidade, estrutura e informa *a priori* a realização da experiência. De modo que o pensamento abstrato se incorpora a um dado físico pela realização fenomenotécnica. Vemos então operar a esquematização *a priori* (...) O plano de configuração fornece à ideia teórica as orientações para sua realização técnica, determinando os valores possíveis e as impossibilidades experimentais. As definições experimentais são prefiguradas pelas configurações topológicas do pensamento matemático. O númeno matemático, posicionado sob o microfenômeno desconhecido, permite desenhar todas as variáveis possíveis em um espaço abstrato, fornecendo assim o esboço teórico das realizações fenomenotécnicas.³⁷⁸

O “esquematismo bachelardiano”, assim como o esquematismo kantiano, desempenha a função de explicar a síntese entre o domínio da razão e o domínio da experiência. No entanto, em contraste com Kant, a abordagem de Bachelard, como explica Lamy (2005, p. 104), vai além da simples conexão de domínios que, a princípio, estão separados. Para o autor, o esquematismo de Bachelard não se limita apenas a essa função de conexão. A resignificação que Bachelard opera no esquematismo kantiano inclui a possibilidade de construção do real,

³⁷⁶ "La pensée mathématique a ainsi une fonction synthétique, consistant à lier toutes les possibilités expérimentales".

³⁷⁷ "Par exemple, l'atome construit par les mathématiciens pourrait assez bien être appelé l'*atome parfait* (...) l'*atome parfait* est plus compliqué que l'atome saisi dans sa réaction énergétique au moment où il porte trace expérimentale de son existence. En construisant cet être mathématique, on essaie de n'oublier aucune variable, si petit qu'en soit le jeu ; on tente de lui attribuer même tout le possible, bref on veut donner la série entière sans souci des approximations pratiques. Pour s'en servir, on le simplifiera. Notre expérience de microphysique est toujours une mathématique mutilée. Dans l'infiniment petit, les propriétés nouménaes sont plus nombreuses que les propriétés phénoménaes" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 18).

³⁷⁸ Le plan mathématique, plan fonctionnel où les phénomènes peuvent être représentés dans leurs relations de voisinage, structure et informe *a priori* la réalisation de l'expérience. De sorte que la pensée abstraite s'incorpore dans une donnée physique par la réalisation phénoménoteknique. Nous voyons alors opérer la schématisation *a priori* (...) Le plan de configuration fournit à l'idée théorique les orientations de sa réalisation technique, en déterminant les valeurs possibles et les impossibilités expérimentales. Les définitions expérimentales sont préfigurées par les configurations topologiques de la pensée mathématique. Le noumène mathématique, posé sous le microphénomène inconnu, permet d'en dessiner toutes les variables possibles dans un espace abstrait, fournissant ainsi le canevas théorique des réalisations phénoménotekniques.

que ocorre em uma relação dialética, onde nem o pensamento nem a experiência são estáticos ou predefinidos. Assim, na construção da realidade microfísica pelo pensamento científico, Lamy questiona se haveria um lugar para uma *imaginação criativa* na filosofia científica de Bachelard? Se não haveria uma função para a imaginação que não se limita apenas ao seu pensamento estético, em sua poética? Uma imaginação que opera no domínio mesmo do pensamento científico, no âmbito do esquematismo das hipóteses atômicas? O autor deixa essas questões em aberto, não apresentando uma análise.

Talvez, a seguinte passagem de *Les intuitions atomistiques* forneça uma direção de análise, já que Bachelard sugere que a compreensão das hipóteses atomísticas é facilitada pela imaginação. Em suas palavras: “a propósito das hipóteses atomísticas, falar sobre o papel da *imaginação*, pelo menos, deve-se reconhecer que esse papel não é ilusório. Longe de levar o *entendimento* ao erro, ela facilita a tarefa”.³⁷⁹

Segundo Bachelard, a imaginação desempenha uma função importante na construção teórica das experiências relacionadas aos objetos quânticos. Essa função é fundamental para transcender as limitações do empirismo ingênuo e do positivismo, que não conseguem conceber os fenômenos atômicos como realidades matemáticas, como construções teóricas sensíveis à detecção por meio de instrumentos de medição. Além disso, a imaginação contribui significativamente na formulação de suposições matemáticas necessárias para essas construções teóricas, expandindo o conjunto de possibilidades a serem exploradas na experimentação e aumentando, assim, as chances de compreender a complexidade dos fenômenos. Para Bachelard, “nunca a imaginação científica foi tão rica, móvel e sutil como nas pesquisas contemporâneas sobre os princípios atômicos”.³⁸⁰

Nesse contexto, acreditamos que o modelo atômico de Bohr exemplifica a importância da imaginação, conforme destacada por Bachelard, na compreensão das hipóteses atomísticas. De fato, a *representação* do átomo como um sistema planetário, no qual os elétrons orbitam em torno do núcleo em órbitas quantizadas, proporcionou a Bohr uma base para entender o comportamento das partículas subatômicas. Isso permitiu que ele resolvesse o problema da instabilidade do modelo atômico planetário proposto por Rutherford, ao mesmo tempo em que introduzia uma nova imagem do átomo na física contemporânea. Bachelard não apenas pensa o modelo atômico bohrniano na dialética entre *ato epistemológico* e *obstáculo epistemológico*

³⁷⁹ "à propos des hypothèses atomistiques, parler du jeu de l'imagination, du moins, on doit reconnaître que ce jeu n'est pas illusoire. Loin de conduire l'entendement à l'erreur, il en facilite la tâche" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 142 – itálico ajouté)

³⁸⁰ "Jamais l'imagination scientifique n'a été plus riche, plus mobile, plus subtile que dans les recherches contemporaines sur les principes atomiques" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 159).

no desenvolvimento da mecânica quântica,³⁸¹ mas também o considera como um verdadeiro “esquema sintético de pensamentos matemáticos”, como uma imagem própria da imaginação científica que se distingue das imagens produzidas pela imaginação poética, conforme expresso em *La poétique de l'espace*, de 1957. Em suas palavras:

Quando se vive espontaneamente uma imagem como a imagem planetária da maçã de Cyrano, compreende-se que essa imagem não é preparada por pensamentos. Ela não tem nada em comum com imagens que ilustram ou sustentam ideias científicas. Por exemplo, a imagem planetária do átomo de Bohr é – no pensamento científico, exceto em algumas valorizações pobres e prejudiciais de uma filosofia de vulgarização - um puro esquema sintético de pensamentos matemáticos. No átomo planetário de Bohr, o pequeno sol central *não está quente*.³⁸²

Assim, Bachelard distingue a imaginação científica da imaginação poética. Esta, exemplificada pela imagem da maçã planetária de Cyrano, é uma imaginação ligada à espontaneidade, que produz imagens intuitivas, desvinculadas do pensamento racional. A imaginação científica, por outro lado, exemplificada pela imagem do átomo de Bohr, desempenha um papel diferente, embora igualmente criativo em relação à imaginação poética. Trata-se de uma imaginação que atua juntamente com o pensamento discursivo. O modelo atômico bohrniano não representa uma imagem visual, uma vez que ele não é uma representação direta da realidade física, mas representa um esquema de fundamento matemático que opera em espaços abstratos. O modelo de Bohr é puro, na medida em que ele não está ligado às intuições sensíveis, sendo o resultado de uma construção teórico-matemática. Esse modelo é um “esquema”, na medida em que se trata de uma *representação matemática* por meio da qual os conceitos podem ser aplicados no experimento. Disso, resulta a ideia de síntese. O modelo de Bohr, como um “esquema sintético”, não se limita meramente a uma função

³⁸¹ Conforme demonstramos em nosso artigo “Le paradoxe du modèle atomique de Bohr. Acte et obstacle épistémologiques dans la conception de la matière”, de 2021, o modelo atômico proposto por Rutherford apresentava um problema relacionado à estabilidade da matéria, pois, no nível subatômico, uma partícula poderia permanecer a mesma após uma colisão, o que não ocorre em um sistema planetário. Essa inconsistência na teoria foi resolvida por Bohr em 1913, em um verdadeiro *ato epistemológico*, que impulsionou as pesquisas sobre os objetos quânticos. Bohr aplicou a constante de Planck à representação do átomo planetário e explicou que o átomo, ao poder mudar sua energia por quantas discretas, poderia retornar ao seu estado normal após algum tipo de interação química. No entanto, apesar desse avanço, o modelo de Bohr enfrentou vários problemas na compreensão da natureza da matéria. A analogia com o sistema solar sugere uma natureza material do átomo, retratando-o como um sistema solar em miniatura, e traçando uma geometria bem definida e simples a um esquema fundamentado em princípios matemáticos. Além disso, como explicado por Bontems (2017), a noção de trajetória, como um conceito funcional e intrínseco a esse modelo, está vinculada ao realismo comum e às intuições sensíveis, e não pode corresponder ao domínio dos espaços abstratos. É com base nesses problemas que o modelo de Bohr pode ser considerado um *obstáculo epistemológico*.

³⁸² "Quand on a vécu dans sa spontanéité une image comme l'image planétaire de la pomme de Cyrano, on comprend que cette image n'est pas préparée par des pensées. Elle n'a rien de commun avec des images qui illustrent ou soutiennent les idées scientifiques. Par exemple, l'image planétaire de l'atome de Bohr est — dans la pensée scientifique, sinon dans quelques pauvres et néfastes valorisations d'une philosophie de vulgarisation — un pur schème synthétique de pensées mathématiques. Dans l'atome planétaire de Bohr, le petit soleil central *n'est pas chaud*" (BACHELARD, 2020 [1957], p. 225).

analítica, porquanto ele se revela como condição de possibilidade da construção da experiência científica.

Se nossas considerações precedentes estiverem corretas, elas apenas complementam e reforçam as análises de Lamy (2005, 2008). No entanto, além da ideia da atuação da imaginação no âmbito do pensamento científico, há outro ponto que poderia ser acrescentado às análises do autor. Trata-se de interpretar as atualizações que Bachelard opera nas ideias de Kant como um projeto neokantiano. Acerca desse ponto, Lamy não elaborou nenhuma consideração específica, deixando, no entanto, espaço para novas interpretações. Ao atualizar o esquematismo kantiano no contexto da física quântica, Bachelard mantém-se na perspectiva transcendental, ao considerar o pensamento *a priori* e sintético, oferecendo uma reformulação contemporânea do kantismo.

3.6 A reinterpretação da síntese kantiana e os juízos sintéticos *a priori*

A ideia de esquematização da experiência, que é pensada por Bachelard em analogia com o *esquematismo transcendental* (Lamy, 2005, 2008), tem como base uma renovação da ideia kantiana de síntese, bem como da noção de juízos sintéticos *a priori*. Nesta seção, nosso objetivo é demonstrar que, no racionalismo aplicado, a síntese kantiana entre racionalismo e empirismo é mantida conforme a concepção de Bachelard de aplicação das estruturas matemáticas em um experimento concreto. No entanto, como observa Guo (2019, § 5), essa síntese é reformulada em um novo contexto que não pode ser rígido.

Com efeito, Bachelard considera que é “possível provar a súbita plasticidade das categorias do entendimento e a necessidade de formar categorias mais sintéticas para lidar com a complexidade do fenômeno científico”.³⁸³ Ele também acrescenta que se trata de uma “síntese mais ou menos flexível entre a razão e a experiência, mesmo que essa síntese se apresente filosoficamente como um problema desesperado”.³⁸⁴ Essa síntese deve ser incorporada pelo pensamento epistemológico contemporâneo. Ao rejeitar o antagonismo filosófico entre empirismo e racionalismo, e ao apresentar uma posição sintética e flexível das categorias matemáticas, Bachelard, de forma similar a Kant, não se mantém em um racionalismo ou

³⁸³ Il voudrait, par cet excès, prouver la soudaine plasticité des catégories de l'entendement et la nécessité de former des catégories plus synthétiques pour faire face à la complexité du phénomène scientifique" (BACHELARD, 1983 [1940], p. 69).

³⁸⁴ "la synthèse plus ou moins mobile de la raison et de l'expérience, quand bien même cette synthèse se présenterait philosophiquement comme un problème désespéré" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 20).

empirismo puros, guardando a perspectiva transcendental como posição intermediária. Como ele afirma: “o Ser não é apreendido como um todo nem pela experiência nem pela razão”, mas em uma terceira via entre o domínio racional e o domínio empírico.

É na síntese entre o pensamento racional e o campo experimental que se deve compreender os objetos do conhecimento. Nesse contexto, a posição bachelardiana não descarta nem as condições *a priori* das categorias matemáticas nem as condições experimentais na construção do conhecimento científico. Segundo Bachelard, essa necessidade de repensar a síntese representa “uma minuciosa “revolução copernicana”, onde toda a filosofia do real e toda a filosofia da razão vão começar um novo diálogo”.³⁸⁵ Trata-se de uma reformulação da síntese kantiana que preserva o espírito da filosofia crítica, demonstrando-se mais poderosa para a física do novo espírito científico. “A filosofia da ciência se mostrará *como uma filosofia crítica* mais abrangente, mais sintética do que a filosofia kantiana em relação à ciência newtoniana”.³⁸⁶

Segundo Barsotti (2003, p. 195), nessa concepção de síntese proposta por Bachelard, destaca-se nitidamente o aspecto *neokantiano* de seu pensamento, conforme o filósofo, ele mesmo, escreve em seu artigo *La dialectique philosophique des notions de la relativité*, de 1949.³⁸⁷ Ao destacar que a renovação da síntese kantiana entre racionalismo e empirismo se apresenta nas ideias de Bachelard na relação entre o pensamento matemático e campo experimental das novas ciências físicas, o autor escreve que o filósofo francês “dá ao seu próprio programa, explicitamente qualificado como “neokantiano”, ou “neocrítico”, uma “síntese entre o algebrismo e a experiência científica”.³⁸⁸ Segundo Bachelard, esse exame *neocrítico* “significa, ao mesmo tempo, que o empirismo e o racionalismo devem ser *retificados*, que devem ser colocados um em relação ao outro, em novas relações”,³⁸⁹ diante de uma física racional e empírica.

Nessa síntese, o pensamento matemático desempenha um papel construtivo, indo além da mera descrição dos fenômenos científicos, como ocorria na física clássica, que se baseava na geometrização das representações dos fenômenos. Conforme Bachelard escreve em *La formation de l'esprit scientifique*, de 1938, “o papel da matemática na física contemporânea

³⁸⁵ "une minutieuse « révolution copernicienne » où toute la philosophie du réel et toute la philosophie de la raison vont commencer un nouveau dialogue" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 122).

³⁸⁶ "La philosophie de science va se révéler *comme une philosophie critique* plus liante, plus synthétique que ne fut la philosophie kantienne à l'égard de la science newtonienne" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 124 – itálique ajouté).

³⁸⁷ "doit recevoir un examen *néocritique*" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 125).

³⁸⁸ "donne à son propre programme, qualifié explicitement de « néo--kantien », voire de « néo-critique », celui d'une « *synthèse* de l'algebrismo et de l'expérience scientifique »".

³⁸⁹ "c'est, à la fois, l'empirisme et le rationalisme qui doivent être *rectifiés*, qui doivent être placés l'un par rapport à l'autre, dans de nouvelles relations" (BACHELARD, 1972 [1972], p. 125).

supera (...) significativamente a mera descrição geométrica”. Ele acrescenta que “o matematismo não é mais descritivo, mas formador. A ciência da realidade não se contenta mais com o *como* fenomenológico; ela busca o *porquê* matemático”.³⁹⁰ Em outras palavras, os fenômenos da nova física não são apenas descritos, mas construídos pelas matemáticas, apresentando-se, portanto, com uma natureza racional indutora da experiência.

Barsotti (2003, p. 183-186) esclarece que, embora as matemáticas para Bachelard não se restrinjam apenas à função de linguagem na física, sendo de fato seus verdadeiros fundamentos, ele não interpreta o matematismo da física contemporânea como um simples formalismo matemático que confere puramente *a priori* existência ao mundo físico. Com Bachelard, o matematismo está intrinsecamente ligado ao campo experimental na construção do objeto físico. Sua perspectiva guarda uma intenção *realista*, pois não descarta as descrições dos fenômenos, e uma intenção *causal*, na medida em que ultrapassa uma simples referência ao realismo, tomando o pensamento abstrato como causa dos fenômenos. Isso implica reconhecer o papel não apenas *constitutivo*, mas também *produtivo* das matemáticas na construção do conhecimento científico.

Para o autor, essa posição bachelardiana segue a perspectiva de Kant, que também não concebe a matemática como uma mera linguagem, mas reconhece seu papel fundamental na estruturação do conhecimento, na medida em que a matemática, não sendo derivada da experiência empírica, funda-se em intuições *a priori*. Bachelard, que descreve as *novas intuições (intuições trabalhadas)* como condições de possibilidade da experiência científica, apenas poderia ter encontrado nessa posição “a filosofia de Kant, que, verdadeiramente o primeiro, e, portanto, *antes* dele mesmo, havia superado esse erro colocando como ponto de partida a *construção* - e não mais a *exemplificação* - dos conceitos matemáticos na intuição” (BARSOTTI, 2003, p. 186).³⁹¹

No entanto, Barsotti explica que essa posição bachelardiana acerca do pensamento matemático, como estruturas formais da experiência científica, revelam-se muito mais justificadas que na própria perspectiva de Kant, na medida em que Bachelard opera um deslocamento do tempo e do espaço para o domínio do entendimento científico, propondo um tempo e um espaço *pensados*, conforme enfatizamos em nossa seção acerca da reforma das

³⁹⁰ "Le rôle des mathématiques dans la Physique contemporaine dépasse donc singulièrement la simple description géométrique, Le mathématisme est non plus descriptif mais formateur. La science de la réalité ne se contente plus du *comment* phénoménologique ; elle cherche le *pourquoi* mathématique" (BACHELARD, 1977 [1938], p. 5).

³⁹¹ "il ne pouvait que rencontrer sur cette voie la philosophie de Kant qui, vraiment le premier, et donc *avant* lui-même, avait dépassé cette erreur en posant pour a point de départ la *construction* - et non plus l'*exemplification* - des concepts mathématiques dans l'intuition".

intuições. Se, por um lado, *formas* e *categorias* passam a pertencer ao campo do *entendimento científico*, quase um “platonismo intelectual”, por outro lado, esse pensamento não escapa ao transcendentalismo kantiano, uma vez que o realismo matemático bachelardiano, constituído pelos *númenos matemáticos*, refere-se a um domínio ontológico preciso.

Em *Le rationalisme appliqué*, de 1949, Bachelard explica que o novo racionalismo modificou a forma com a qual se compreendia a matemática que, no passado, representava fenômenos. A física contemporânea apresentou um realismo fundado no pensamento matemático mais abstrato, que não se limita a representar figuras, mas busca entender as estruturas causais dos novos fenômenos científicos, eles mesmos de essência matemática construtora de objetos.

Seremos levados a substituir o realismo matemático ingênuo, que realizava uma figura (ou seja, um “fenômeno matemático”), por um realismo matemático mais abstrato que realiza uma causa profunda, ou seja, um “númeno matemático”. Uma vez que o espírito tenha acessado esse númeno matemático, podemos medir sua riqueza de produção em fenômenos matemáticos.³⁹²

Segundo Barsotti (2003, p. 206-208), essa produção de fenômenos, a *fenomenotécnica*, realiza uma síntese fenomenológica na construção do conhecimento. Diferentemente de Kant, essa “síntese não acrescenta percepções a conceitos lógicos, ela delinea o real de dentro para fora, desdobrando sua essência ao construir o fenômeno através de uma sequência de atos e intuições”,³⁹³ sugerindo uma atividade racional construtiva entre as *categorias matemáticas* e a *intuição trabalhada*, onde a própria estrutura ontológica do objeto e seu acesso fenomenológico já se encontram implicados.

Tiles (1984, p. 210) também reforça que a ideia de síntese que Bachelard propõe tem profunda relação com Kant. Ela escreve que tanto Kant como Bachelard ressaltam a importância da aplicação das estruturas racionais no domínio da experiência para a validade do conhecimento objetivo. No entanto, enquanto Kant se referia à experiência sensível, Bachelard se refere à experimentação científica da nova física como um novo tipo experiência, onde a síntese entre os dois campos se manifesta de forma distinta em relação a Kant. Como a autora explica:

A experiência (conhecimento empírico) pode resultar apenas da aplicação das categorias correspondentes às formas de juízo dentro de estruturas determinadas pelas

³⁹² "Nous serons amenés ainsi à substituer au réalisme mathématique naïf qui *réalisait une figure* (c'est-à-dire un « phénomène mathématique ») un réalisme mathématique plus abstrait qui réalise une cause profonde c'est-à-dire un « noumène mathématique ». Une fois que l'esprit a accédé à ce noumène mathématique, on en mesure la richesse de production en phénomènes mathématiques" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 91).

³⁹³ "La synthèse n'ajoute pas des perceptions à des concepts logiques, elle dresse le réel de l'intérieur, elle déploie son essence en construisant le phénomène selon un étagement d'actes et d'intuitions".

formas de intuição; ou seja, as categorias precisam ser pensadas como realizadas e intrinsecamente determinadas dentro da intuição. Kant realiza o processo de dedução dos conceitos e princípios resultantes no Esquematismo e nas Analogias em *A Crítica da Razão Pura*. No caso do tratamento de Bachelard das teorias científicas, uma teoria formalmente expressa e matematicamente determinada, que determina apenas conceitos formais, não pode expressar conhecimento empírico até que seus conceitos sejam realizados experimentalmente.³⁹⁴

Segundo Barsotti (2003, p. 206-208), a *numenologia sintética* ou *construtivismo sintético* de Bachelard apenas ganha sentido por meio dessa análise transcendental, reconhecendo que os *númenos matemáticos* buscam se realizar como *fenômenos*. Bachelard não busca anular as diferenças ontológicas entre esses dois conceitos, mas reconhece a complexa relação sintética entre eles, mostrando que essa interconexão revela diferentes níveis de compreensão da realidade. Os fenômenos científicos possuem assim uma profundidade ontológica, que revela diferentes níveis do real, os quais apresentam uma hierarquia de noções e experiências. Em Bachelard, a realidade não é uniforme e homogênea, mas “folheada”, revelando dimensões que se sobrepõem e interagem entre si. Essas camadas da realidade possui “uma “*hierarquia*” que é tanto uma hierarquia de noções (*númenos sintéticos*) quanto uma “*hierarquia fenomenológica*” de níveis *na experiência*”.³⁹⁵ Essa hierarquia não pode ser abordada pelo fenomenismo clássico, que é limitado apenas à superfície dos fenômenos. Segundo Bachelard, apenas essa *hierarquia fenomenológica*, como uma nova fenomenologia científica, revela a síntese entre númenos e fenômenos, pois se trata de uma “fenomenologia [que] imediatamente convoca a ajuda das funções *numenais*”.³⁹⁶ Para Barsotti, essa posição bachelardiana expande o pensamento kantiano, indo além de suas fronteiras.

Isso deve ser entendido no sentido estrito, metakantiano, calcado na Metodologia da *Crítica da Razão Pura*, onde a “arquitetura” em profundidade das metageometrias em relação à geometria euclidiana “funda uma arquitetura” da própria razão, fragmentada em profundidade, “razão polêmica” no sentido da autodivisão da razão.³⁹⁷

³⁹⁴ "Experience (empirical knowledge) can result only from the application of the categories corresponding to the forms of judgement within structures determined by the forms of intuition; i.e., the categories have to be thought as realised and intrinsically determined within intuition. Kant carries out the process of deducing the resulting concepts and principles in the Schematism and Analogies in *The Critique of Pure Reason*. In the case of Bachelard's treatment of scientific theories, a formally, mathematically expressed theory, determining only formal concepts, cannot express empirical knowledge until its concepts are experimentally realised".

³⁹⁵ "une « hiérarchie » qui est aussi bien une hiérarchie des notions (« noumènes synthétiques »), qu'une « hiérarchie phénoménologique » des niveaux *dans l'expérience*".

³⁹⁶ "phénoménologie [qui] appelle tout de suite l'aide des fonctions *nouménaes*" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 139).

³⁹⁷ "Cela est à prendre au sens strict, métakantien, calqué sur la Méthodologie de la *Critique de la raison pure*, où l' « architecture » en profondeur des métagéométries vis-à-vis de la géométrie euclidienne « fonde une architectonique » de la raison elle-même fractionnée en profondeur, « raison polémique » au sens de l'autodivision de la raison".

Na reinterpretação de Bachelard da síntese kantiana se destaca a importância dos juízos sintéticos *a priori*, conceito central da *Crítica da razão pura*, representando mais um projeto de salvar o kantismo do que uma ruptura com a filosofia transcendental. Como destaca Barsotti (2003, p. 190-191), o pensamento bachelardiano apresenta “uma empreitada de resistência ao grande movimento de dissolução do sintético *a priori* kantiano iniciado, precisamente com base no espaço-tempo não euclidiano da relatividade geral, pelo empirismo lógico com Russell, Reichenbach e Carnap”.³⁹⁸ Como observa Lamy (2005, p. 99), na filosofia de Kant, “Bachelard retifica não apenas o sentido do esquematismo, mas também a significação do *a priori* sintético”.³⁹⁹ Em referência a Bachelard, Tiles (1984, p. 210) afirma:

Dizer que a matemática não é apenas uma linguagem é dizer que ela introduz não apenas novos conceitos (novo vocabulário), mas também novas formas de juízos (e correlativamente, novas formas de raciocínio) que dão origem a novos tipos de conceitos cujo caráter é determinado por seu papel nessas formas de juízo. Assim, por exemplo, conceitos como spin, frequência e amplitude não podem ser separados das formas matemáticas nas quais participam.⁴⁰⁰

Em *Le nouvel esprit scientifique*, de 1934, Bachelard destaca explicitamente a necessidade dos juízos sintéticos *a priori* para a compreensão da mecânica quântica, considerando a complexidade dos novos objetos estudados por essa ciência. Ele também expressa essa ideia em “Lumière et substance”: “a ciência tem necessidade de juízos metafísicos, que seriam juízos sintéticos *a priori*”.⁴⁰¹ Para entender os novos fenômenos, é necessário instituir juízos que não derivam da experiência empírica e que servem como condições para organizar e explicar a experiência científica, ampliando assim o conhecimento. Esses juízos são *sintéticos* porque trazem novos conhecimentos ao se referirem à experimentação científica, e são *a priori* porque, como observou Tiles (1984), estão associados às categorias matemáticas que estruturam o campo da experiência objetiva. Bachelard explica que a física contemporânea exige uma “consciência de valor sintético”, uma vez que essa ciência trabalha com sínteses conceituais, tais como *matéria* e *movimento*, que pode apenas ser compreendida por meio do pensamento matemático construtor. Em suas palavras:

³⁹⁸ "une entreprise de résistance au grand mouvement de dissolution du synthétique *a priori* kantien initié, précisément sur la base de l'espace-temps non euclidien de la relativité générale, par l'empirisme logique avec Russell, Reichenbach et Carnap".

³⁹⁹ "Bachelard rectifie non seulement le sens du schématisme mais aussi la signification de l'*a priori* synthétique".

⁴⁰⁰ "To say that mathematics is not just a language is to say that it introduces not merely new concepts (new vocabulary), but also new forms of judgement (and correlatively, new forms of reasoning) which give rise to new kinds of concepts whose character is determined by their role in these forms of judgement. Thus, for example, concepts such as spin, frequency and amplitude cannot be separated from the mathematical forms in which they participate".

⁴⁰¹ "la science a besoin de jugements métaphysiques qui seraient des jugements synthétiques *a priori*" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 70).

Para julgar corretamente essa realidade sutil, o pensamento teórico precisa, mais ainda do que o pensamento experimental, de juízos sintéticos *a priori*. É por isso que o fenômeno da microfísica deve ser concebido de maneira cada vez mais orgânica, em uma cooperação profunda das noções fundamentais. Como vimos, a tarefa a que se dedica a física contemporânea é a síntese da matéria e da radiação. Essa síntese física é sustentada pela síntese metafísica da coisa e do movimento. Ela corresponde ao juízo sintético mais difícil de formular, pois este juízo se opõe veementemente aos hábitos analíticos da experiência usual, que divide sem discussão a fenomenologia em dois domínios: o fenômeno estático (a coisa) e o fenômeno dinâmico (o movimento). É necessário restituir ao fenômeno todas as suas solidariedades e, antes de tudo, romper com nosso conceito de *repouso*: em microfísica, é absurdo supor a matéria em repouso, já que ela existe para nós apenas como energia e nos envia mensagens apenas através da radiação. O que, então, é uma *coisa* que nunca se examinaria na imobilidade? Portanto, será necessário captar todos os elementos do cálculo na combinação do lugar e do movimento, pela álgebra das duas variáveis *conjugadas*, uma relativa ao lugar, a outra à velocidade. Sem dúvida, a união dessas duas variáveis ainda é guiada pela intuição usual; pode-se, portanto, acreditar que isso é uma composição de duas noções simples. Será menos confiante nessa simplicidade se seguir o progresso da Física matemática nesse ponto específico. Logo se reconhecerá que as variáveis conjugadas se apresentam de uma maneira essencialmente indireta e que o momento cinético logo deixa de corresponder à intuição inicial. De fato, os parâmetros que determinam os fenômenos são derivados de uma expressão matemática geral. Assim, substitui-se a descrição usual e concreta por uma descrição matemática e abstrata. Essa descrição matemática não é clara em seus elementos, ela só é clara em seu acabamento, por uma espécie de consciência de seu valor sintético.⁴⁰²

As observações de Barsotti (2003), Lamy (2005) e Tiles (1984) concordam acerca da ideia segundo a qual Bachelard atribui uma relevância e elabora uma atualização dos juízos sintéticos *a priori* no contexto da física contemporânea. Barsotti destaca a resistência de Bachelard à dissolução do sintético *a priori* kantiano pelo empirismo lógico, enquanto Lamy e Tiles mostram como o filósofo francês adapta e amplia essa noção kantiana para incorporar novas formas de raciocínio e síntese científicas. Assim, Bachelard não só preserva o

⁴⁰² "pour bien juger de cette réalité fine, la pensée théorique a besoin, plus encore que la pensée expérimentale, de jugements synthétiques *a priori*. C'est pourquoi le phénomène de la microphysique doit être conçu de plus en plus organique, dans une coopération profonde des notions fondamentales. Nous l'avons vu, la tâche à laquelle s'efforce la physique contemporaine est la synthèse de la matière et du rayonnement. Cette synthèse physique est soutenue par la synthèse métaphysique de la chose et du mouvement. Elle correspond au jugement synthétique le plus difficile à formuler car ce jugement s'oppose violemment aux habitudes analytiques de l'expérience usuelle qui divise sans discussion la phénoménologie en deux domaines : le phénomène statique (la chose), le phénomène dynamique (le mouvement). Il faut restituer au phénomène toutes ses solidarités et d'abord rompre avec notre concept de *repos* : en microphysique, il est absurde de supposer la matière au repos puisqu'elle n'existe pour nous que comme énergie et qu'elle ne nous envoie de message que par le rayonnement. Qu'est-ce alors qu'une *chose* qu'on n'examinerait jamais dans l'immobilité ? On devra donc saisir tous les éléments du calcul dans la gémation du lieu et du mouvement, par l'algèbre des deux variables *conjuguées* relatives l'une à la place, l'autre à la vitesse. Sans doute l'union de ces deux variables est encore guidée par l'intuition usuelle ; on pourrait donc croire que c'est là une composition de deux notions simples. On sera moins confiant dans cette simplicité si l'on suit le progrès de la Physique mathématique sur ce point particulier. On ne tardera pas à reconnaître que les variables conjugées se pré sentent d'une manière essentiellement indirecte et que le moment cinétique cesse bientôt de correspondre à l'intuition première. On tire en effet les paramètres qui déterminent les phénomènes d'une expression mathématique générale. On substitue donc à la description usuelle et concrète une description mathématique et abstraite. Cette description mathématique n'est pas claire par ses éléments, elle n'est claire que dans son achèvement, par une sorte de conscience de sa valeur synthétique" (BACHELARD, 1999 [1934], p. 144-145).

transcendental kantiano, mas também o expande para dar conta dos problemas filosóficos da física no novo espírito científico, demonstrando a contínua relevância dos juízos sintéticos *a priori* na organização e compreensão dos fenômenos científicos.

3.7 Sujeito transcendental e comunidade científica

Bachelard, ao despsicologizar o kantismo e transpor as formas da intuição e as categorias do entendimento para o âmbito da racionalidade científica, instaura um *não kantismo*. Isso sugere, à primeira vista, que o sujeito transcendental de Kant não encontra mais espaço no âmbito da cultura científica contemporânea. Esta conclusão pode ser inferida com base no que apresentamos neste terceiro capítulo.

O sujeito transcendental em Kant é um conceito central em sua filosofia, associado a um conjunto de condições *a priori* que tornam possível a experiência e o conhecimento. A ele pertencem as formas *a priori* da sensibilidade e as categorias do entendimento que estruturam o conhecimento empírico. O sujeito kantiano do conhecimento é universal e absoluto, e a objetividade do conhecimento depende da aplicação de suas categorias às intuições sensíveis. Diferentemente, na filosofia de Bachelard, a objetividade do conhecimento não é concebida em termos de um sujeito conhecedor com uma consciência universal legisladora. Em vez disso, é vista como o resultado de uma ação intersubjetiva da comunidade científica

A objetivação é o processo pelo qual o conhecimento é purificado de fatores subjetivos para adquirir um estatuto de universalidade e validade intersubjetiva. Bachelard (1977 [1938], 1972, [1972]) enfatiza que este processo de objetivação é caracterizado pela necessidade de descartar preconceitos e superar *obstáculos epistemológicos*, visto que, na atividade científica, o conhecimento é submetido à crítica constante. A objetivação do conhecimento é, dessa forma, uma tarefa contínua e coletiva, exigindo crítica e retificação incessantes do saber científico. Por um lado, Bachelard distancia-se de Kant ao conceber a objetividade do conhecimento no contexto da comunidade científica. Por outro, algumas passagens de suas obras parecem sugerir que ele pensa esse conceito por meio de uma analogia com a ideia de sujeito transcendental. Poder-se-ia até mesmo argumentar que o filósofo francês busca ressignificar o sujeito kantiano no contexto de sua reforma do kantismo.

Em *Le rationalisme appliqué*, Bachelard afirma que a comunidade científica se estabeleceu “como uma realidade psicológica na proporção mesma onde ela deve reagir contra

o psiquismo”⁴⁰³ comum. Ela tem “uma realidade psicológica indubitável”.⁴⁰⁴ Trata-se, como afirmado em “L’idealisme discursif”, de um novo tipo de psiquismo que emerge com a comunidade científica. Como ele escreve: com a nova cultura científica “assistimos o nascimento de um psiquismo novo: o *ortopsiquismo*”.⁴⁰⁵ Além disso, ainda em *Le rationalisme appliqué*, ele assinala que “é todo o problema de um *ortopsiquismo* que se coloca para fundar a epistemologia”.⁴⁰⁶ Bachelard propõe o conceito de *ortopsiquismo* como uma instância normativa que transcende o subjetivismo do sujeito conhecedor clássico. Este conceito reflete o trabalho racional da comunidade científica, representando a despsicologização da construção do conhecimento. Nesse contexto, a objetivação do saber deixa de ser um ato isolado de um sujeito individual para se tornar uma construção coletiva resultante da crítica. Enquanto Kant propõe um sujeito transcendental universal, responsável por estabelecer as condições *a priori* para o conhecimento, Bachelard parece reformular essa ideia no contexto científico contemporâneo, introduzindo a ideia de *ortopsiquismo* como uma nova instância psicológica universal e racional, que ultrapassa o psicologismo kantiano, referindo-se a uma instância normativa e coletiva.

Entretanto, isso implica, de fato, a eliminação do papel do sujeito transcendental no domínio da nova racionalidade científica contemporânea? Aparentemente, sim. No entanto, é válido considerar se, ao discutir a realização dos númenos matemáticos através da experimentação técnica, ou numa *fenomenotécnica*, não estaria, de maneira implícita, a ideia de um sujeito racional kantiano. Esses númenos, sendo objetos de natureza matemática, concretizam-se no mundo empírico como resultados de experimentos técnicos, os quais são, por sua vez, estruturados pelo pensamento racional. Esse processo de concretização dos númenos ocorre não de forma independente, mas dentro de um laboratório de pesquisa, onde os instrumentos de medição desempenham um papel importante. Esses instrumentos, ao medirem e registrarem fenômenos, operam sob as leis do mundo comum, demonstrando uma interdependência entre o fenômeno observado e os meios de observação. Heisenberg, em sua formulação dos princípios da mecânica quântica, já havia destacado a impossibilidade de separar completamente os aparelhos de medição do mundo: “o dispositivo de medição só merece esse nome se estiver em contato estreito com o resto do mundo, se houver interação

⁴⁰³ "comme une réalité psychologique dans la proportion même où elle doit réagir contre le psychisme" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 26).

⁴⁰⁴ "une réalité psychologique indéniable" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 32).

⁴⁰⁵ "On assiste à la naissance d'un psychisme nouveau : l'*orthopsychisme*" (BACHELARD, 1970 [1970], p. 91).

⁴⁰⁶ "c'est tout le problème d'un orthopsychisme qui se pose pour fonder l'épistémologie" (BACHELARD, 2004 [1949], p. 66).

entre ele e o observador”.⁴⁰⁷ Dessa forma, pode-se argumentar que, mesmo dentro da nova racionalidade científica proposta por Bachelard, o sujeito transcendental kantiano, entendido como a estrutura universal e *a priori* que possibilita o conhecimento, não é completamente abandonado.⁴⁰⁸ Ao contrário, ele pode ser reinterpretado como uma estrutura subjacente que continua a operar antes da mediação discursiva da comunidade científica.

⁴⁰⁷ "Le dispositif de mesure ne mérite ce nom que s'il est en contact étroit avec le reste du monde, s'il y a interaction entre lui et l'observateur" (HEISENBERG, 1971 [1958], p. 54).

⁴⁰⁸ Souto (2019) apresenta outra interpretação, enfatizando a ideia de um sujeito em *devir*, o qual não possui as condições *a priori* e universais do conhecimento, mas que se constitui no ato mesmo do conhecimento. Como ele afirma: "o sujeito será definido, então, como aquele elemento, em meio à produção do conhecimento científico, que, por não poder ser objetivado, continua a perseguir o processo de racionalização" (p. 160).

CONCLUSÃO

Em que sentido a filosofia científica de Bachelard representa um pensamento neokantiano? De que forma o neokantismo aparece em sua epistemologia? Por que sua reformulação do kantismo diante da ruptura epistemológica entre física clássica e física quântica representa um projeto neokantiano? Essas foram as questões que nortearam esta tese.

Uma das características distintivas do neokantismo francês, que não foi um movimento homogêneo, uma vez que incluiu uma variedade de interpretações das ideias kantianas, e cujos principais expoentes foram Charles Renouvier, Émile Boutroux e Léon Brunschvicg, reside no projeto de reformular o kantismo diante das novas descobertas científicas. Para esses filósofos, o kantismo também serviu como fundamento para questionar as teses positivistas que predominavam na segunda metade do século XIX e início do século XX, embora cada um deles tenha, à sua maneira, incorporado princípios do positivismo. A filosofia positivista assume, assim, um papel dentro do movimento neokantiano francês, ora por oposição, ora por reconhecimento de seus princípios. No entanto, a posição unânime desses autores é clara: é essencial retornar a Kant.⁴⁰⁹

Gaston Bachelard, como seguidor das ideias de Brunschvicg e reconhecedor das ideias de Renouvier, também estabeleceu uma relação de reconhecimento e críticas ao positivismo. Em *Les intuitions atomistiques*, ele reconhece a importância dessa filosofia na dimensão teórica e experimental da atividade científica contemporânea. Como ele escreve: para essa nova física, que é ao mesmo tempo racional e empírica, “é necessário, acreditamos, tentar reunir dois estados de espírito diferentes: a posição essencialmente empírica do positivismo deve naturalmente preceder a audácia construtiva do atomismo contemporâneo”.⁴¹⁰ Segundo ele, o positivismo agrega-se com a reflexão acerca das condições *a priori* da observação dos novos fenômenos científicos. “De fato, a princípio, sob a inspiração positivista, recusa-se a falar, a propósito do átomo, em termos que não podem ser definidos experimentalmente”.⁴¹¹

O objeto quântico deve ser considerado em sua relação com a experiência científica, ainda que ele não seja um dado da realidade empírica em si mesma, mas um objeto relacionado às condições de detecção, fundadas em uma organização racional. O atomismo surge então da união de duas filosofias da experiência: uma que se refere à atitude positivista, caracterizada

⁴⁰⁹ Cf. Introdução.

⁴¹⁰ "il faut encore, croyons-nous, tenter de réunir deux états d'esprit différents, la position essentiellement empirique du positivisme devant naturellement précéder l'audace constructive de l'atomisme contemporain" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 158).

⁴¹¹ "En effet, de prime abord, sous l'inspiration positiviste, on refuse de parler, à propos de l'atome, en des termes qui ne peuvent se définir expérimentalement" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 158).

por uma posição essencialmente empírica, e outra racionalista, marcada pela atitude racional construtiva, que vai além da observação empírica e utiliza as matemáticas como meio de compreensão e construção dos fenômenos atômicos. Nas palavras de Bachelard: “a construção teórica das experiências sobre o átomo não pode mais se contentar com a atitude positivista, embora efetivamente parta dessa atitude. Não se recebe toda a teoria da experiência”. Desse modo, é possível “aumentar o campo das suposições, mas essas suposições são, desde então, de ordem matemática”.⁴¹²

Entretanto, como enfatizamos nesta tese, Bachelard não apenas buscou reformular a “lei dos três estados” definida por Comte, como também criticou a posição continuísta do desenvolvimento do saber científico intrínseca à sua filosofia positivista. Apesar desse diálogo com Comte, demonstramos que Bachelard considerou a filosofia kantiana como fundamento de sua interpretação filosófica da mecânica quântica. Assim, semelhante aos neokantianos franceses, ele empreendeu um retorno a Kant, mas de forma singular e não sistemática, na perspectiva de desenvolver uma filosofia racionalista adequada à mecânica quântica, que rompeu com mecânica clássica.

A ruptura entre a física clássica e a física quântica representou uma transformação profunda no espírito científico. Esta última, que emergiu no início do século XX, introduziu uma nova abordagem para a compreensão dos fenômenos atômicos, em contraste com as filosofias atomistas anteriores, rompendo e complexificando os conceitos estabelecidos pela física clássica. Essa nova física não apenas desafiou, mas também modificou fundamentalmente conceitos anteriores, como os de espaço, tempo, causalidade e substância. Bachelard a descreve como uma ciência que constrói racionalmente seus objetos, sem desconsiderar o papel da experimentação técnica. Baseada no pensamento matemático e experimental, isto é, em um pensamento *abstrato-concreto*, a mecânica quântica cria o real microfísico como uma realidade inteiramente nova, distinta do mundo comum e sensível investigado pela física newtoniana. Para o filósofo francês, essas transformações na cultura científica representaram uma *ruptura epistemológica*, conceito que foi o objeto de análise da minha dissertação de mestrado. A mecânica quântica surge, nesse contexto de modificações epistemológicas, como um caso exemplar de descontinuidade histórica, na medida em que os objetos quânticos, que se distinguem dos objetos empíricos do mundo comum ao apresentarem características

⁴¹² "la construction théorique des expériences sur l'atome ne peut plus se contenter de l'attitude positiviste bien qu'elle parte effectivement de cette attitude. On ne reçoit pas toute la théorie de l'expérience. On ne craint donc plus d'augmenter le champ des suppositions, mais ces suppositions sont dès lors d'ordre mathématique" (BACHELARD, 1975 [1933], p. 158).

fundamentais, como a *não localização* e a *dessubstancialização*, ou seja, como *não coisas*, desafiaram as filosofias do passado. Esse desafio se estendeu especialmente à filosofia kantiana, cujos princípios foram edificados com base na geometria euclidiana e na física newtoniana.

O racionalismo de Kant, historicamente reconhecido como um dos principais fundamentos filosóficos dessas ciências clássicas, tornou-se objeto de reflexão tanto para físicos quanto para filósofos diante dos novos objetos de conhecimento introduzidos pela nova física. Nesse contexto, Bachelard identificou a fragilidade do sistema kantiano, criticando-o como um *racionalismo fechado*, caracterizado por princípios imóveis e absolutos. O racionalismo kantiano, que se baseia em formas e categorias *a priori* como estruturas fixas, mostrou-se inadequado para lidar com a complexidade e novidade dos objetos quânticos. No entanto, Bachelard considerou essa ruptura com o kantismo como um ponto de partida para uma reformulação desse sistema, um aspecto que parece não ter sido reconhecido satisfatoriamente pelas interpretações brasileiras e francesas de seu pensamento. Reconhecendo que esses novos objetos de conhecimento não podem ser abordados suficientemente pelos princípios estabelecidos por Kant, Bachelard propôs uma *abertura* do kantismo, ressignificando vários de seus conceitos e ultrapassando a abordagem kantiana clássica. Dessa forma, ele apresentou um *kantismo aberto e funcional*, um *não kantismo*, a fim de fornecer uma compreensão mais flexível e dinâmica da razão científica, sem descartar a perspectiva transcendental.

Nesta tese, abordamos a reinterpretação de Bachelard das ideias de Kant como um aspecto neokantiano de seu pensamento. Essa caracterização se fundamenta não apenas nas influências explícitas dos filósofos neokantianos franceses Renouvier e Brunschvicg, mas também, e de maneira essencial, na perspectiva transcendental de Kant. Esta última, destacada pela análise de Bernard Barsotti (2003), embora não tenha sido explicitamente assumida por Bachelard, emergiu como um dos desafios interpretativos desta tese. A perspectiva transcendental de Kant é modificada para acomodar a nova realidade científica. O filósofo francês introduz a ideia de *intuições trabalhadas* para explicar como os novos objetos de conhecimento são construídos e compreendidos. Esta abordagem implica uma ontologia transcendental, onde não apenas as formas *a priori* da sensibilidade, como também as categorias do entendimento são repensadas e expandidas para compreender os novos fenômenos científicos. Desse modo, ao reinterpretar o quadro *a priori* kantiano, ele demonstra a síntese ontológica na qual trabalha a mecânica quântica.

Enquanto Kant sustentava que o conhecimento científico resulta da aplicação dos conceitos *a priori* do entendimento às intuições sensíveis, Bachelard expande essa ideia,

enfatizando que o conhecimento científico da nova física envolve uma síntese profunda entre teoria e experiência, na qual as *categorias matemáticas*, como destacado por Mary Tiles (1984), são aplicadas a um experimento específico. Ele vê, assim, a teoria científica como uma construção racional que não apenas orienta a construção da experiência científica, mas também fornece as condições para a construção do objeto físico, que é explicado por meio de uma resignificação do conceito kantiano de *númeno positivo*.

Em Bachelard, o *númeno positivo* é um objeto do pensamento puro, desvinculado da percepção sensorial, representando uma realidade que transcende o que é empiricamente observável. No entanto, esse númeno é cientificamente cognoscível, diferindo da visão kantiana tradicional de que o númeno é apenas um objeto do pensamento, inacessível ao conhecimento objetivo. Bachelard enfatiza que, se o espírito científico contemporâneo concebe um númeno, esse númeno possui um valor objetivo e pode ser compreendido através do pensamento matemático ao se realizar em uma experiência técnica.

Esse aspecto possibilitou uma análise mais profunda da relação entre conceitos racionais e experimentação técnica no pensamento de Bachelard. Conforme desenvolvido nos trabalhos de Julien Lamy (2005, 2008), essa relação implica uma reinterpretação do conceito kantiano de *esquematismo transcendental*. Bachelard propõe um novo modelo de esquematismo, baseado na analogia com o esquematismo de Kant, mas adaptado à complexidade dos objetos quânticos. Enquanto em Kant o esquematismo serve para *mediar* a aplicação dos conceitos puros do entendimento às intuições sensíveis, em Bachelard ele é empregado para explicar a construção desses objetos. Este novo esquematismo opera por meio dos *númenos matemáticos*, que, inicialmente teóricos e esquemáticos, orientam a experiência científica e a percepção dos fenômenos por meio de representações matemáticas. O esquematismo bachelardiano não apenas conecta razão e experiência, mas também possibilita a construção do real científico, como condição da aplicação do pensamento abstrato na experimentação por meio de uma sensibilização matemática dos fenômenos, fundamentando o pensamento sintético.

A análise da relação entre matemática e experimentação nas ideias de Bachelard revela uma renovação da síntese kantiana entre empirismo e racionalismo, adaptada ao novo espírito científico. Bachelard preserva a concepção kantiana de síntese, mas a adapta para integrar a aplicação de estruturas matemáticas em experimentos concretos, destacando a importância de instaurar categorias racionais mais dinâmicas e sintéticas. A ideia de síntese aqui assume um significado neokantiano, uma vez que o filósofo não adota o antagonismo clássico entre empirismo e racionalismo, mas sim uma posição transcendental. Além disso, essa síntese não é mantida em um sentido kantiano absoluto, na medida em que é reinterpretada diante das

exigências do novo contexto científico. Essa reinterpretação da síntese kantiana atribui um papel e uma função aos juízos sintéticos *a priori*, reinterpretando-os. Esses juízos são essenciais para a compreensão da complexidade dos fenômenos, uma vez que, sendo *a priori*, associados a estruturas matemáticas, eles têm a capacidade de introduzir novos conhecimentos ao se referirem à experimentação científica. Isso permite a organização e a explicação dos fenômenos que não podem ser derivados apenas da experiência empírica.

Essas considerações nos levaram a explorar a ideia de sujeito transcendental no contexto das reformulações de Bachelard no kantismo. Ao apresentar um *não kantismo*, uma forma despseudologizada do kantismo clássico, o filósofo francês parece ter afastado o sujeito racional kantiano na questão da objetividade científica, propondo, em vez disso, uma construção coletiva do conhecimento objetivo através da comunidade científica. No entanto, observamos que seu conceito de comunidade científica, que introduz um novo tipo de psiquismo, o *ortopsiquismo*, como uma realidade psicológica, sugere uma analogia com a ideia kantiana de sujeito do conhecimento.

Referir-se a um neokantismo nas ideias de Bachelard não implica necessariamente uma oposição ao que poderíamos chamar “interpretação tradicional” de seu pensamento. Pelo contrário, nossa interpretação, ao não tratar o racionalismo aplicado de Bachelard como uma ruptura total com o kantismo, enriquece essa compreensão, ampliando as perspectivas interpretativas da epistemologia bachelardiana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALMEIDA, Tiago Santos de. “Erguendo barreiras contra o irracionalismo: História das Ciências e diagnóstico da atualidade em Gaston Bachelard”. *Tempo*, vol. 25, nº.3, 2019b, p. 715-736. DOI: <https://doi.org/10.1590/TEM-1980-542X2019v250310>
- ALMEIDA, Tiago Santos de. “Pensar o tempo para construir um método: a descontinuidade histórica em Gaston Bachelard”. *Revista de Teoria da História*, v. 21, nº 1, 2019a, p. 168-190.
- BACHELARD, Gaston. "Critique préliminaire du concept de frontière épistémologique". In: *Études*. Paris: J. Vrin, 1970.
- BACHELARD, Gaston. “Noumène et microphysique”. In: *Études*. Paris: J. Vrin, 1970.
- BACHELARD, Gaston. "L'idealisme discursif". In: *Études*. Paris: J. Vrin, 1970.
- BACHELARD, Gaston. *L'engagement rationaliste*. Paris: P.U.F., 1972.
- BACHELARD, Gaston. *L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine*. Paris: Librairie Félix Alcan, 1937.
- BACHELARD, Gaston. *La philosophie du non*. Paris: P.U.F., 1983.
- BACHELARD, Gaston. *La poétique de l'espace*. Paris: P.U.F., 2020.
- BACHELARD, Gaston. *Le matérialisme rationnel*. Paris: P.U.F., 2018.
- BACHELARD, Gaston. *Le nouvel esprit scientifique*. Paris: P.U.F., 1999.
- BACHELARD, Gaston. *Le rationalisme appliqué*. Paris: P.U.F., 2004.
- BACHELARD, Gaston. *Les intuitions atomistiques*. Paris: J. Vrin, 1975.
- BACHELARD, Gaston. *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. Paris: P.U.F., 1965.
- BACHELARD, Gaston. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin, 1977.
- BARBOSA, Elyana. “Gaston Bachelard e o racionalismo aplicado”. *Cronos*, v. 4, n. 1/2, 2003, p. 33-37.
- BARBOSA, Elyana. *Gaston Bachelard: o arauto da pós-modernidade*. Salvador: EDUFBA, 1996.
- BARSOTTI, Bernard. "Le « non-kantisme » de Bachelard : vers le sens transcendantal de la rupture épistémologique". In: WUNENBURGER, Jean-Jacques. *Bachelard et l'épistémologie française*. Paris: P.U.F., 2003, p. 152-183.
- BITIBOL, Michel. "L'Élision, essai sur la philosophie d'E. Schrödinger". In: SCHRÖNDINGER, Erwin. *L'esprit et la matière*. Paris: Seuil, 1990.
- BOHR, Niels. *Física atômica e conhecimento humano*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.
- BONTEMS, Vincent. "L'actualité de l'épistémologie historique". *Revue d'histoire des sciences*, tome 59, nº 1, 2006, p. 137-147.
- BONTEMS, Vincent. *Bachelard*. São Paulo: Estação Liberdade, 2017.
- BOUTROUX, Émile. *La philosophie de Kant*. Paris: J. Vrin, 1926.
- BRÉHIER, Émile. *Histoire de la philosophie*. Paris: J. Vrin, 1964.
- BRÉHIER, Émile. *Transformation de la philosophie française*. Paris: Flammarion, 1950.
- BRENNER, Anastasios. "Brunschvicg et l'histoire de la philosophie dans ses rapports avec les sciences". *Revue de Métaphysique et de Morale*, nº 3, 2021, p. 307-320.
- BRUNSCHVICG, Léon. "L'idée critique et le système kantien". *Revue de Métaphysique et de Morale*, nº 2, 1924, p. 133-203.
- BRUNSCHVICG, Léon. *Écrits philosophiques*. Tome 2: L'orientation du rationalisme. Paris: P.U.F., 1954.
- BULCÃO, Marly. *O racionalismo da ciência contemporânea: introdução ao pensamento de Gaston Bachelard*. São Paulo: Ideias & Letras, 2009.

- CANGUILHEM, Georges. "Dialética e filosofia do não em Bachelard". In: CANGUILHEM, Georges. *Estudos de história e filosofia das ciências*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2012, p. 207-219.
- CAPEILLERES, Fabien. "Généalogie d'un néokantisme français à propos d'Émile Boutroux". *Revue de Métaphysique et de Morale*, n° 3, Néokantismes, 1998, p. 405-442.
- CARDIM, Leandro Neves. "Nota crítica sobre a filosofia neokantiana de Leon Brunschvicg". In: PINTO, Débora Cristina Morato; MOUTINHO, Luiz Damon Santos; SACRINI, Marcus; STIVAL, Mônica Loyola (Orgs). *Ensaio de Filosofia em homenagem a Carlos Alberto R. de Moura*. Curitiba: Editora UFPR, 2015, p. 163-182.
- CASTELÃO-LAWLESS, Teresa. "Os problemas filosóficos da ciência moderna e a nova educação científica: percursos pela epistemologia bachelardiana". *Revista Ideação*, n° 25, 2012, p. 19-36.
- CHEVALLEY, Catherine. "Introduction". In: HEISENBERG, Werner. *La nature dans la physique contemporaine*. Paris: Gallimard, 2009.
- COMTE, Auguste. *Curso de filosofia positiva* (duas primeiras lições). São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- DAGOINET, François. "Brunschvicg et Bachelard". *Revue de Métaphysique et de Morale*, n° 1, 1965, p. 43-54.
- DAGOINET, François. "Sobre uma última imagem da ciência". *Ensaio Filosóficos*, v. 2, 2010, p. 17-27.
- DENIS, Anne-Marie. "Psychanalyse de la raison chez Gaston Bachelard". *Revue Philosophique de Louvain*, tome 61, n° 72, 1963, p. 644-663.
- DUHEM, Pierre. *A teoria física, seu objeto e sua estrutura*. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2014.
- FEDI, Laurent. "Philosopher et républicaniser: la Critique philosophique de Renouvier et Pillon, 1872-1889". *Romantisme*, n°115, 2002, p. 65-82.
- FOUCAULT, Michel. *A arqueologia do saber*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.
- GIL, Didier. *Bachelard et la culture scientifique*. Paris: P.U.F., 1993.
- GONÇALVES, Ângelo Márcio Macedo. "Ciência e filosofia em Gaston Bachelard". *Ideação*, vol. 1, n° 1, 2002, p. 23-36.
- GUIMARÃES, Gustavo Bertoche. "Brunschvicg, Bergson e Meyerson influências e contra-influências na filosofia de Bachelard". *Horizontes*, [s. l.], v. 39, n. 1, 2021, p. 1-19. DOI: <https://doi.org/10.24933/horizontes.v39i1.1244>
- GUIMARÃES, Gustavo Bertoche. "Uma última ruptura: o silêncio epistemológico de Bachelard após 1953". *Princípios - Revista de Filosofia*, v. 25, n. 46, 2018, p. 9-27.
- GUO, Zhenzhen. "La réforme bachelardienne de la théorie kantienne de la connaissance". *Revue germanique internationale*, v. 29, 2019, p. 149-159. DOI: <https://doi.org/10.4000/rgi.2184>
- HEISENBERG, Werner. *La nature dans la physique contemporaine*. Paris: Gallimard, 2009.
- HEISENBERG, Werner. *La partie et le tout: le monde de la physique atomique*. Paris: Flammarion, 2016.
- HEISENBERG, Werner. *Physique et philosophie, la science moderne en révolution*. Paris: Albin Michel, 1971.
- HERMANN, Grete. *Les fondements philosophiques de la mécanique quantique*. Paris: J. Vrin, 1996.
- JANSSENS, Edgard. *Le néo-criticisme de Charles Renouvier: théorie de la connaissance et de la certitude*. Louvain/Paris: Institut Supérieur de Philosophie/Felix Alcan Editeur, 1904.
- KANT, Immanuel. *Crítica da razão pura*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.
- KAUARK-LEITE, Patrícia. "Causalidade e teoria quântica". *Scientiae Studia*, v. 10, n. 1, 2012, p. 165-177. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-31662012000100007>.

- KAUARK-LEITE, Patrícia. *Teoria quântica e filosofia transcendental: diálogos possíveis*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2022.
- LAMY, Julien. “Enquête sur le concept de « noumène » dans l’épistémologie bachelardienne. La physique contemporaine comme science nouménale”. *Cahiers Gaston Bachelard*, n° 7, 2005, p. 81-105.
- LAMY, Julien. “Le dynamisme de la pensée scientifique chez Bachelard au regard du schématisme kantien et de l’intuition bergsonienne”. In: WORMS, Frédéric ; WUNENBURGER, Jean-Jacques. *Bachelard et Bergson: continuité et discontinuité*. Paris: P.U.F., 2008.
- LECOURT, Dominique. *Bachelard ou le jour et la nuit: un essai du matérialisme dialectique*. Paris: Bernard Grasset, 1974.
- LECOURT, Dominique. *L’épistémologie historique de Gaston Bachelard*. Paris: J. Vrin, 2002.
- LECOURT, Dominique. *Pour une critique de l’épistémologie*. Paris: François Maspero, 1972.
- LEQUAN, Mai. “Laurent Fedi : Kant, une passion française, 1795-1940”. *Les Cahiers philosophiques de Strasbourg*, n° 44, 2018, p. 215-219. DOI : <https://doi.org/10.4000/cps.992>
- LEVY, David. “Émile Meyerson”. In: GAYON, Jean; BITBOL, Michel. *L’Épistémologie française, 1830-1870*. Paris: Éditions Matériologiques, 2015, p. 327-342.
- LÜTHY, Christoph. “On Atomistic Intuitions and their Classifications. Some Remarks on Gaston Bachelard’s. *Les Intuitions atomistiques (Essai de classification)*”. *Kairos - Revista de Filosofia & Ciência*, n° 5, 2012, p. 155-167.
- MESQUITA, Fábio Luiz de Almeida. “Mâyā: apropriação e influência”. *Voluntas: Revista Internacional de Filosofia*, v. 10, n. 2, 2019, p. 34-48. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179378638377>
- MEYERSON, Émile. *Identité et réalité*. Paris: Félix Alcan, 1908.
- MILHAUD, Gaston. *La philosophie de Charles Renouvier*. Paris: J. Vrin, 1927.
- MORUJÃO, Alexandre Fradique. “Fenómeno, númeno, coisa em si: Notas sobre três conceitos kantianos”. *Revista Portuguesa de Filosofia*, t. 37, fasc. 3, 1981, p. 225-248.
- OLIVEIRA, Amélia de Jesus. *Duhem e Kuhn: continuísmo e descontinuísmo na história da ciência*. 2012. 269f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- PASCAL, Georges. *Compreender Kant*. Petrópolis, 2005.
- PLANCK, Max. *Autobiografia científica e outros escritos*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.
- RENOUVIER, Charles. *Essais de critique générale : Traité de logique générale et de logique formelle (tome I)*. Paris: Librairie Armand Colin, 1912.
- RENOUVIER, Charles. *Les dilemmes de la métaphysique pure*. Paris: Felix Alcan Editeur, 1901.
- SCHOPENHAUER, Arthur. *O mundo como vontade e como representação*. São Paulo: Editora UNESP, 2005.
- SCHRÖNDINGER, Erwin. *L’esprit et la matière*. Paris: Seuil, 1990.
- SCHRÖNDINGER, Erwin. *Physique quantique et représentation du monde*. Paris: Seuil, 1992.
- SEAILLES, Gabriel. *La philosophie de Charles Renouvier: introduction à l’étude du néo-criticisme*. Paris: Felix Alcan Editeur, 1905.
- SINACEUR, Hourya Benis. “From Kant to Hilbert: French philosophy of concepts in the beginning of the XX century”. In: FERREIRÓS, José.; GRAY, Jeremy. J. *The architecture of modern Mathematics: Essays in history and philosophy*: Oxford: Oxford University Press, 2006, p. 349-376.
- SOUTO, Caio. “A ruptura da epistemologia histórica francesa com o neokantismo: Bachelard e Canguilhem”. *Trans/Form/Ação*, vol. 45, v. 1, n° 1, 2022, p. 69-86.
- SOUTO, Caio. “Objeto em perspectiva e sujeito em devir na epistemologia histórica de Gaston Bachelard”. *Intelligere*, n°8, 2019, p. 150-162.

- TERZI, Pietro. *Images de Kant et formes du criticisme dans la philosophie française contemporaine : 1854-1986*. 2020. 709f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Université de Nanterre - Paris X; Fondazione Collegio San Carlo, 2020.
- TILES, Mary. "Que veut dire Bachelard par 'rationalisme appliqué'?" *Revue de synthèse*, tome 134, 6^e série, n^o 3, 2013, p. 317-327. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11873-013-0227-6>
- TILES, Mary. *Bachelard, science and objectivity*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- ÚLFSSON, Tryggvi Örn. "Entre fatalisme et chaos : l'événement dans la philosophie de Léon Brunschvicg". *Methodos*, n^o 17, 2017. DOI : <https://doi.org/10.4000/methodos.4741>
- VADÉE, Michel. *Bachelard ou le nouvel idéalisme épistémologique*. Paris: Ed. Sociales, 1975.
- VELANES, David. "Bachelard crítico de Bohr?" In: ROCHA, Gabriel Kafure da (Org). *Bachelard, um livro vivo (Homenagem aos 135 anos de nascimento do Filósofo)*. Goiânia: Editora Phillos, 2019, p. 169-188.
- VELANES, David. "Le paradoxe du modèle atomique de Bohr. Acte et obstacle épistémologiques dans la conception de la matière". *Bachelard Studies*, n. 1, 2021, p. 167-181. DOI: <https://doi.org/10.7413/2724-5470012>
- VELANES, David. "A crítica de Bachelard acerca do conceito de númeno". *Filosofando*, [s. l.], v. 3, n. 1, 2017, p. 27-38.
- VELANES, David. "G. Bachelard e W. Heisenberg: o problema da linguagem na mecânica quântica". *Griot: Revista de Filosofia*, v. 19, n. 3, 2019b, p. 33-45. DOI: <https://orcid.org/0000-0002-8992-6701>
- VELANES, David. "Gaston Bachelard e Pierre Duhem: descontinuidade e continuidade epistemológica". *Inter-Legere - Revista de Pós-Graduação em Ciências Sociais da UFRN*, n^o 22, 2018, p. 80-95. DOI: <https://doi.org/10.21680/1982-1662.2018v1n22ID15295>
- VELANES, David. *A noção de ruptura epistemológica no pensamento de Gaston Bachelard*. 2017. 141 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia). Universidade Federal da Bahia, Salvador 2017.
- VINTI, Carlo. "Présence de Ferdinand Gonseth dans la pensée de Gaston Bachelard". *Revue de Synthèse*, 5^e série, 2005, p. 291-415.
- WAHL, Jean. *Tableau de la philosophie française*. Paris: Gallimard, 1962.