

Filosofia dos Físicos

LOUIS DE BROGLIE E ERWIN SCHRÖDINGER

Volume 2



CONSELHO EDITORIAL

Amílcar Pinto Martins

Universidade Aberta de Portugal

Arthur Belford Powell

Rutgers University, Newark, USA

Carlos Aldemir Farias da Silva

Universidade Federal do Pará

Emmánuel Lizcano Fernandes

UNED, Madrid

Iran Abreu Mendes

Universidade Federal do Pará

José D'Assunção Barros

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Luis Radford

Universidade Laurentienne, Canadá

Manoel de Campos Almeida

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Maria Aparecida Viggiani Bicudo

Universidade Estadual Paulista - UNESP/Rio Claro

Maria da Conceição Xavier de Almeida

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Maria do Socorro de Sousa

Universidade Federal do Ceará

Maria Luisa Oliveras

Universidade de Granada, Espanha

Maria Marly de Oliveira

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Raquel Gonçalves-Maia

Universidade de Lisboa

Teresa Vergani

Universidade Aberta de Portugal

Ubiratan D'Ambrosio

Universidade Anhanguera, São Paulo

EDUARDO SIMÕES

ORGANIZADOR

Filosofia dos Físicos

LOUIS DE BROGLIE E ERWIN SCHRÖDINGER

Volume 2



2026

Copyright © 2026 os organizadores e autores
1ª Edição

Direção editorial: Victor Pereira Marinho e José Roberto Marinho

Edição revisada segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Filosofia dos físicos: Louis De Broglie e Erwin Schrödinger: volume 2 / organização Eduardo Simões. – 1. ed. – São Paulo: LF Editorial, 2026.

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-5563-705-2

1. Epistemologia 2. Filosofia 3. Física 4. Ontologia I. Simões, Eduardo.

26-338832.0

CDD-100

Índices para catálogo sistemático:
1. Filosofia 100

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.
Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei Nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



EDITORIAL

LF Editorial

www.livrariadafisica.com.br

www.lfeditorial.com.br

(11) 2648-6666 | Loja do Instituto de Física da USP

(11) 3936-3413 | Editora

“A história da ciência mostra que o progresso da ciência tem sido constantemente dificultado pela influência tirânica de certas concepções que finalmente passaram a ser consideradas dogmas. Por essa razão, é apropriado submeter periodicamente a um exame muito minucioso princípios que acabamos por admitir sem mais nenhuma discussão.”

Louis de Broglie, *Nouvelles Perspectives en Microphysique* - 1956.

“Encontramos aqui novamente um teorema para as ‘ondas de fase’ do elétron, que o Sr. De Broglie tinha deduzido, referindo-se essencialmente à teoria da relatividade, nessas belas pesquisas às quais devo a inspiração para meu trabalho. Vemos que o teorema em questão é de uma maior generalidade, e não surge apenas da teoria da relatividade, mas é válido para qualquer sistema conservativo da mecânica comum.”

Erwin Schrödinger, *Quantisierung als Eigenwertproblem (Zweite Mitteilung)* - 1926b.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO | 11

Eduardo Simões

PARTE I LOUIS DE BROGLIE

CAPÍTULO 1

O MEIO SUBQUÂNTICO: DE BOHM-VIGIER E DE BROGLIE À HYPERPHYSIS | 23

Filipe Pamplona

José Nunes Ramalho Croca

CAPÍTULO 2

ÀS VEZES, SOLUCIONAR UMA CRISE DEPENDE DE AMPLIÁ-LA: A CONTRIBUIÇÃO DE LOUIS DE BROGLIE À FÍSICA QUÂNTICA | 39

Francisco Caruso

Vitor Oguri

CAPÍTULO 3

NOVOS RUMOS PARA A FILOSOFIA NATURAL: A ESCOLA DE LISBOA DE FÍSICA EURÍTMICA | 59

Gildo Magalhães

CAPÍTULO 4

A INTERPRETAÇÃO DA ONDA DE MEMÓRIA DA MECÂNICA QUÂNTICA | 67

Paulo Castro

CAPÍTULO 5

LOUIS DE BROGLIE, ONDAS DE MATÉRIA - DUALISMO OU SÍNTESE ENTRE A ONDA E O CORPÚSCULO DA LUZ/MATÉRIA? | 103

Pedro Sérgio Rosa

PARTE II

ERWIN SCHRÖDINGER

CAPÍTULO 6

ERWIN SCHRÖDINGER E A OBJETIVAÇÃO DAS ENTIDADES QUÂNTICAS | 127

Décio Krause

CAPÍTULO 7

MECÂNICA ONDULATÓRIA VS MECÂNICA MATRICIAL: COMO FORMALISMOS DIFERENTES COMPORTAM “ONTOLOGIAS” DISSIDENTES? | 139

Eduardo Simões

Erickson Santos

Filipe Pamplona

Maxwell de Melo

CAPÍTULO 8

SCHRÖDINGER, VISUALIZAÇÃO E ENTENDIMENTO | 155

Jonas Rafael Becker Arenhart

CAPÍTULO 9

MECÂNICA ONDULATÓRIA E CAUSALIDADE: COMO A FILOSOFIA INFLUENCIOU O TRABALHO DE ERWIN SCHRÖDINGER | 171

Sofia Guilhem Basilio

CAPÍTULO 10

A FILOSOFIA DA NATUREZA DE ERWIN SCHRÖDINGER E SUA LEITURA DOS VEDAS | 185

Vinícius Carvalho da Silva

APRESENTAÇÃO

O segundo volume do livro *Filosofia dos Físicos* dá continuidade a uma série de publicações em filosofia da mecânica quântica organizada pelo grupo de pesquisa *Lógica, Linguagem e Ciência* (LLC) da Universidade Federal do Tocantins (UFT). O primeiro volume foi dedicado aos pensamentos de Werner Heisenberg e Niels Bohr e, agora, apresentamos à comunidade acadêmica e demais interessados no assunto, um volume inteiramente dedicado aos pensamentos de Louis de Broglie e Erwin Schrödinger.

De Broglie e Schrödinger compõem visões distintas acerca da natureza ondulatória da matéria. Contudo, é sabido que o trabalho de Schrödinger sobre mecânica ondulatória, que começou no final de 1925, foi consequência do seu estudo da tese de De Broglie de 1924, conforme ele mesmo assume:

Encontramos aqui novamente um teorema para as 'ondas de fase' do elétron, que o Sr. De Broglie tinha deduzido, referindo-se essencialmente à teoria da relatividade, nessas belas pesquisas às quais devo a inspiração para meu trabalho. Vemos que o teorema em questão é de uma maior generalidade, e não surge apenas da teoria da relatividade, mas é válido para qualquer sistema conservativo da mecânica comum. (Schrödinger, 1926b, p. 498)¹

Contudo, Schrödinger também enfatiza que seus próprios resultados foram obtidos de um modo mais geral e de forma independente da teoria da relatividade, como era o caso da teoria de De Broglie.

Schrödinger, em suas primeiras tentativas de formular uma teoria quântica do átomo, até tentou desenvolver uma teoria relativística² seguindo as ideias de De Broglie, mas, depois, acabou por procurar uma equação de onda não-relativística. Em sua formulação não-relativística, tentou produzir uma dedução

1 SCHRÖDINGER, E. Quantisierung als Eigenwertproblem (Zweite Mitteilung). *Annalen der Physik*, series 4, v. 79, p. 489–527, 1926b.

2 Segundo Mehra e Rechenberg (1987), Schrödinger tentou produzir uma equação de onda relativística, seguindo a abordagem de De Broglie, que não foi publicada, mas que foi encontrada em um manuscrito escrito, talvez, no final de 1925.
MEHRA, J.; RECHENBERG, H. *The historical development of quantum theory*. New York: Springer, 1982–1987.5 v.

independente da equação de onda, seguindo diversas linhas diferentes de argumentação, em vez de utilizar os resultados de De Broglie no limite clássico³.

De Broglie lançou mão dos princípios Maupertuis e Fermat para proporcionar uma base para sua teoria, no caso do movimento acelerado. Tais princípios, que eram válidos para partículas isoladas e para raios, foram utilizados para explicar a relação entre as propriedades ondulatórias e mecânicas do elétron movendo-se em um campo eletromagnético. Suas ideias eram bem aplicadas ao átomo de hidrogênio, mas eram incapazes de serem aplicadas ao oscilador harmônico, bem como a outros sistemas simples. Além disso, era difícil também entender como a sua teoria poderia ser aplicada a um sistema com diversas partículas, bem como para um sólido rígido em rotação.

Schrödinger, por outro lado, valeu-se dos princípios de Huygens e Hamilton e, com eles, assegura que sua teoria pode ser aplicada a todos os casos nos quais as dimensões do sistema são comparáveis ao comprimento de onda. Dessa forma, a teoria de Schrödinger pode ser aplicada a ondas associadas a um ou mais elétrons, ao oscilador harmônico e aos sólidos em rotação, aplicações que a teoria de De Broglie não contemplava.

Em suma, as teorias de De Broglie e Schrödinger ofereceram visões complementares, porém distintas, sobre a natureza quântica da matéria. Em 1924, De Broglie propôs que partículas, como os elétrons, estariam associadas a ondas reais – à ideia das “ondas de matéria”. E, em 1927, apresentou a chamada teoria da onda-guia ou *pilot wave*, pela qual uma onda objetiva orienta a trajetória da partícula, redundando na proposta da *double solution*. Schrödinger, por sua vez, formulou em 1926 a mecânica ondulatória e a equação que leva seu nome, concebendo o elétron como uma distribuição de onda contínua e procurando uma interpretação “clássica” e não descontínua dos fenômenos atômicos. De Broglie defendeu persistentemente uma explicação causal e determinista da mecânica quântica – inicialmente em sua teoria da onda piloto, posteriormente ampliada por David Bohm (1952) –, na qual partículas individuais são guiadas por ondas reais. Schrödinger, por sua vez, rejeitou a interpretação probabilística da função de onda proposta por Max Born (1926c)⁴, pois buscava uma descrição contínua e objetiva da realidade quântica: para ele, a função de onda deveria representar diretamente a matéria, mantendo o determinismo, mas sem recorrer a trajetórias de partículas guiadas. Em suma, ambos valorizaram a ondulação da matéria, mas De Broglie tentou preservar uma imagem de partículas guiadas por ondas reais (uma interpretação causal), enquanto Schrödinger procurou

3 A equação que levou o nome de Schrödinger pode ser deduzida, por exemplo, dos resultados de De Broglie, no limite clássico.

4 BORN, Max. “Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge”. *Zeitschrift für Physik*, 37, p. 863–867, 1926c.

uma ontologia contínua da onda e se opôs, por princípio, à aceitação imediata de uma interpretação puramente probabilística.

É sobre toda essa trajetória que o livro *Filosofia dos Físicos*, volume 2, se debruçará. Dividido em duas partes, sendo a Parte I dedicada a Louis de Broglie e a Parte II a Erwin Schrödinger, a abordagem de os ambos autores terá como ponto de partida o capítulo 1, intitulado *O Meio Subquântico: de Bohm-Vigier e de Broglie à Hyperphysics*, redigido por Filipe Pamplona (USP) e José Nunes Ramalho Croca (Universidade de Lisboa).

Nesse capítulo, os autores irão revisitar o desenvolvimento histórico do conceito de “meio subquântico”, para então compará-lo com a sua formulação no quadro teórico da Física Eurítmica, ou *Hyperphysics*. Trata-se de uma hipótese viva nos trabalhos atuais, que dão continuidade ao Programa de Pesquisa de Louis de Broglie na Escola de Lisboa. Tanto em Bohm & Vigier (1954), quanto em de Broglie (1964), pode-se conceber o meio subquântico como um meio caótico material, existente em um espaço físico substancial. Já na *Hyperphysics*, o meio subquântico se torna mais fundamental do que o tempo e o espaço (relacionais e emergentes), isto é, ele é condição de possibilidade para a própria emergência da ordem espaçotemporal. A proposta da *Hyperphysics*, segundo os autores, assenta-se na reinterpretação do meio subquântico como condição de possibilidade para a emergência da ordem espaçotemporal. Neste sentido, ela revitaliza a interpretação realista e causal da mecânica quântica sob o viés da complexidade, não-linear. Em face ao “realismo dual” da onda-corpúsculo, na *Hyperphysics*, a localidade passa a ser um fenômeno emergente que pode se manifestar ou não (como nas relações de emaranhamento quântico, ou em alguns processos de tunelamento quântico) e sua interpretação é tanto local quanto não-local, dependendo do fenômeno analisado. A ferramenta que permite esta coalisão é a análise de onduletas. De acordo com os autores, através das onduletas torna-se possível uma descrição tanto “local” quanto “não-local” dos fenômenos quânticos (pois a análise de onduletas tem no limite, como caso particular, a própria análise de Fourier).

O capítulo 2, de autoria de Francisco Caruso (CBPF) e Vitor Oguri (UERJ), cujo título é *Às vezes, solucionar uma crise depende de ampliá-la: a contribuição de Louis de Broglie à Física Quântica*, apresenta uma breve reconstrução histórica de alguns pontos que, de algum modo, contribuíram para o trabalho seminal de Louis de Broglie. Em particular, enfatiza a relevância de sua tese de doutorado, principalmente por seu valor epistemológico, ao ampliar a crise que havia sido introduzida na descrição da radiação pelo *quantum* de Planck, abrindo caminho para sua solução. Segundo os autores, a história de uma crise sem precedentes resultou em uma nova forma de se ver e descrever o microcosmo. Ela talvez não pudesse ter sido escrita, ou seria apenas parcialmente concebida, se físicos

do porte de Langevin, Einstein e Born não tivessem tido o discernimento para perceber o valor das “ideias estranhas” de Louis de Broglie.

Quanto ao capítulo 3, este é, na verdade, uma grande homenagem à vida e à obra de José Nunes Ramalho Croca, da Universidade de Lisboa. Escrito por Gildo Magalhães (USP) em tom quase que poético, o capítulo intitulado *Novos rumos para a filosofia natural: a Escola de Lisboa de física eurítmica* apresenta, de forma magistral, os avanços e os impasses provenientes do modelo explicativo proposto por Croca e cognominado Física Eurítmica (que tem o significado de “bom ritmo”), que se constituiu tomando uma série de premissas sobre a realidade da natureza (*physis*) com uma perspectiva holística, no que se pode considerar uma volta ao espírito que conduzia a antiga filosofia natural. Segundo o autor, os postulados implícitos na Física Eurítmica ou *Hyperphysis* são consistentes com a aceitação de que existe uma realidade objetiva, independente do observador e interagindo com ele. Contudo, esse caminho eurítmico, aplicado à causalidade na existência, nega tanto o determinismo laplaciano quanto o acaso total. O que Croca fez no seu modelo explicativo, que teve êxito em vários de seus achados – que vão da admissão de um meio subquântico, passando pela construção de uma *hyperphysis* até chegar num devir permanente (emergir/submergir) dos seres no meio subquântico – foi recorrer a ondas localizadas, isto é, que têm princípio e fim, descritas pela recente teoria matemática das onduletas. Sua teoria foi desenvolvida a partir de pesquisas geossísmicas de petróleo, após se verificar que a análise de Fourier não dava bons resultados para compreender as ondas refletidas nas camadas subterrâneas, que são ondas finitas.

Os êxitos dos achados de Croca refletem, segundo Magalhães, sua visão holística da natureza e do mundo, fruto do seu *modus vivendi*, o qual pode ser apresentado como um pensador e humanista multifacetado, em conformidade com sua experiência de vida, pois além de físico, Croca exerceu as profissões de enólogo-mirim (nas vinhas de seu pai) em sua terra natal do Alentejo e marceneiro em Lisboa, tendo sempre praticado as artes de escultura e pintura, além de um trabalho que se autoensinou, de arquiteto (em que protagonizou o projeto de uma casa extremamente original em Alfarim). Em sua visão, a arte serve para a elevação potencial ou real do ser humano que, em caso contrário, não pode ser considerada arte.

O capítulo 4 também é proveniente de um pesquisador interlocutor da tradição ou Escola de Lisboa, a saber, do prof. Paulo Castro, da Escola de Tecnologias Digitais Aplicadas (Iscte-Sintra). Apesar de José Croca sustentar, segundo afirmado por Gildo Magalhães no capítulo anterior, que não houve uma “escola” propriamente dita, mas apenas uma “ágora”, onde todos podiam se manifestar e que a coesão não estava em seguirem todos os mesmos preceitos adotados por ele, mas sim em terem a liberdade para propor e discutir ideias sobre a natureza,

aí incluída a sociedade humana, ainda assim, pode-se dizer que há um legado cujos reflexos atuam fortemente sobre pesquisas que paulatinamente vêm se desenvolvendo a partir de ideias seminais de Croca. Este é o caso do presente capítulo intitulado *A Interpretação da Onda de Memória da Mecânica Quântica*. Trata-se de um capítulo que, lançando mão também do pensamento de Croca, como é o caso das suas relações de incerteza (tanto da posição-momento, quanto da relação da tempo-energia), objetiva superar a opacidade que tem origem legado epistemológico, deixado pelas ideias iniciais de Niels Bohr sobre a complementaridade onda-corpúsculo e sobre a impossibilidade ontológica de penetração da própria cognoscência humana na realidade atômica.

Nessa perspectiva, este capítulo constitui uma tentativa de ultrapassar essa opacidade epistemológica, propondo uma interpretação capaz de suprir inteligibilidade ao mundo quântico, tal como é atualmente reportado. Sua ideia, segundo o autor, é simples. Partindo da teorização inicial de Louis de Broglie, em 1927, sobre a existência de ondas quânticas guiando os corpúsculos, as chamadas ondas-piloto, propõe que estas ondas são ondas de memória. Estruturas mnemônicas naturais onde estão codificadas as distribuições estatísticas, de acordo com as quais os corpúsculos executam os seus movimentos, fazendo do processo de *guidage* de De Broglie, um processo de leitura e escrita de informação probabilística. Ao contrário de De Broglie e de forma a generalizar a abordagem da onda piloto, sugere que o comportamento dos corpúsculos é intrinsecamente indeterminista e não local e que as ondas quânticas são a primeira expressão fundamental de espaço-tempo. Dessa forma, o capítulo também sugere que não existe colapso da onda, e que a mesma é uma estrutura física de muito baixa energia, difícil, mas não obstante, possível de detectar com os meios de experimentação atuais.

Para demonstrar o que sustenta, o capítulo começa por introduzir o quadro de pensamento supramencionado, utilizando-o em seguida para dissipar algumas das perplexidades que a Escola de Copenhague deixou, nomeadamente, naquilo que diz respeito à chamada sobreposição de estados, às relações de incerteza de Heisenberg e à utilização de espaços multidimensionais de Hilbert. Na parte final do capítulo, o autor procede a uma formalização matemática inicial da interpretação, de modo a especificar e a operacionalizar, clarificando o que foi afirmado anteriormente.

O fechamento da Parte I do presente livro se dá com o capítulo 5 intitulado *Louis de Broglie, Ondas de Matéria – Dualismo ou Síntese entre a Onda e o Corpúsculo da Luz/Matéria?* de autoria de Pedro Sérgio Rosa (FATEC). Este capítulo analisa alguns pontos da construção dos argumentos teóricos de Louis de Broglie à luz dos desenvolvimentos históricos e da compreensão epistemológica, no sentido da pesquisa histórica desenvolvida por Alexandre Koyré (2024),

um dos principais historiadores da ciência do século XX. E a justificativa para a recorrência à compreensão histórica e epistemológica se deve ao fato de que, segundo o autor, faz-se necessário encontrar um solo pavimentado ou um terreno fértil para ensaiar a fundamentação de novas ideias. Nesse sentido, segundo Rosa, o indivíduo deve estar e ser livre para deixar fluir os seus pensamentos e compreender como a natureza revela suas leis. Como exemplo deste espírito livre, o autor apresenta Louis de Broglie como uma figura ímpar para fazer a física avançar, para propor e ser o centro do debate e da *criação* na física do século XX. Sob essa perspectiva, Rosa apresenta um resumo das principais ideias sobre o dualismo onda-partícula presente na filosofia física de De Broglie e, como extensão do seu trabalho, expõe o alcance e influência das teorias do físico francês sobre outros cientistas da sua época as quais, obviamente, não resolvem todos os problemas existentes na época.

Segundo o autor, as concepções de De Broglie pareciam um tanto exageradas para a maioria dos físicos envolvidos com as pesquisas em radiação, relatividade e física quântica e elas não obtiveram aceitação imediata, nem posteriormente, pois estava surgindo uma outra concepção (a *mecânica matricial* de Born, Heisenberg e Jordan) que aplicava uma matemática abstrata para o estudo dos fenômenos atômicos, sem procurar compreender o que se passava dentro do átomo. Mesmo os que estavam, por assim dizer, do lado da teoria de De Broglie, como era o caso de Einstein, Schrödinger, os Brillouin, Lorentz, que reclamavam da perda da realidade física da outra concepção, pareciam divergir em algumas questões importantes e não se uniram para combater a visão da “escola de Copenhague”.

O propósito do presente capítulo, portanto, é o de desenvolver pesquisas em História da Ciência com o objetivo de compreender o pensamento filosófico do físico em questão, fazendo uma interpretação de sua teoria e levantando as contribuições epistemológicas à luz das fontes de pesquisa primárias as quais, segundo o autor, são fundamentais para escaparmos do *senso comum*.

A Parte II do presente livro, conforme se disse, é dedicada ao pensamento de Erwin Schrödinger e é inaugurada pelo capítulo 6, intitulado *Erwin Schrödinger e a objetivação das entidades quânticas* de autoria de Décio Krause (PPGLM/UFRJ). Segundo Krause, mesmo Erwin Schrödinger tendo sido um dos principais artífices da mecânica quântica – a teoria física de átomos e de seus componentes – é pouco sabido, no entanto, que ele foi um filósofo de porte, com uma grande cultura filosófica, com grande conhecimento da filosofia em geral e da indiana em particular, principalmente da doutrina do *Vedanta*. No capítulo, o autor nos apresenta um conceito introduzido por Schrödinger que é pouco ou nada conhecido das pessoas em geral, que ele denominou de *Princípio de Objetivação*. Trata-se de sua visão sobre como *conceptualizamos* a realidade que nos cerca. Para tal, primeiramente, nos mostra como Schrödinger estabelece o

modo pelo qual *formamos* a ideia da realidade que nos cerca. Depois, apresenta algumas características das entidades quânticas para, finalmente, discutir se a abordagem schrödingeriana pode se adaptar a essas entidades.

Partindo do problema da identidade das entidades quânticas, a tese de Krause, resumidamente, é a de que, rejeitando que as partículas quânticas possam ter identidade, o que se pode alcançar é tão somente uma *elaboração* dessas entidades, o que se faz por meio das leis físicas, já que não temos acesso direto a elas para as analisar e descrever as suas características. Em outras palavras, fazendo uso de algo análogo ao seu Princípio de Objetivação, segundo o autor, *postulamos* a existência de certas entidades e *retirando o sujeito do conhecimento* de cena, *criamos* nossas teorias, pois apesar de sermos formados de ‘coisas quânticas’, *tudo se passa* como se estivéssemos de fora, somente observando e experimentando com as entidades em questão. Para Krause, o mundo nos é apresentado por nossas percepções, intuições, imaginação, experiência e pela nossa metafísica preferida. O que fazemos é *objetivá-lo*, como descrito por Schrödinger, e isso pode em geral ser feito de diversas maneiras.

Já no capítulo 7 de autoria de Eduardo Simões (UFT), Erickson Santos (UFMS), Filipe Pamplona (USP) e Maxwell de Melo (UFT), cujo título é *Mecânica Ondulatória vs Mecânica Matricial: como formalismos diferentes comportam “ontologias” dissidentes?*, o que é proposto é evidenciar como se deu o alinhamento entre a “imagem de natureza” de Schrödinger e as suas escolhas no formalismo da mecânica ondulatória. Para tal, estabelece um estudo comparativo com a mecânica matricial, sendo que o foco principal é compreender a visão da mecânica ondulatória em contraste ao trabalho já estabelecido de Heisenberg, em 1925. O que se apresenta, portanto, é o embate entre uma concepção visualizável, ondulatória, com enraizamento ontológico parcial na física clássica *versus* a concepção matemática, abstrata e “operacionalista” da mecânica matricial.

Segundo os autores, é importante observar como o formalismo matemático de uma teoria física pode comportar uma “perspectiva ontológica” específica que rivaliza, compete, com uma outra perspectiva, baseada em uma formulação matemática diferente, apesar dos aspectos preditivos e descritivos de ambas serem equivalentes. Neste sentido, tornam-se tais formalismos representam versões diferentes da mesma teoria física por comportarem ontologias dissidentes.

No capítulo 8 do presente livro, Jonas Rafael Becker Arenhart (UFSC) nos apresenta um interessante texto intitulado *Schrödinger, visualização e entendimento*. Trata-se da alegação de Erwin Schrödinger, criador da mecânica ondulatória, de que teorias físicas devem nos fornecer modelos absolutamente claros da realidade. Tal posicionamento é, na verdade, uma contraposição à mecânica matricial de Werner Heisenberg que, segundo Schrödinger, não cumpre tal requisito, como o faz a sua mecânica ondulatória. No presente capítulo o

autor discute como a concepção de Schrödinger acerca da natureza da mecânica ondulatória evolui de um realismo ingênuo para uma forma de antirrealismo, cujo foco é no *entendimento* fornecido pela teoria, não em sua *verdade*. Dessa asserção, Arenhart deriva algumas consequências das concepções de Schrödinger para a metafísica da ciência atual, focando nos conceitos de não-indivíduos e do papel de teorias metafísicas em melhorar o entendimento de uma teoria. Para tal, é feita uma apresentação não apenas historicamente mais fundamentada sobre o entendimento de Schrödinger acerca da necessidade de termos teorias científicas exibindo conteúdo '*Anschaulich*', mas também se explora como essa compreensão pode impactar em temas de metafísica da ciência atual. Em particular, o autor extrai algumas consequências importantes para a tese de que Schrödinger seria um precursor de uma metafísica da não-individualidade na mecânica quântica e para a tese de que a metafísica pode ser uma ferramenta interpretativa da ciência fiadora de um melhor entendimento de nossas teorias. Trata-se de um capítulo muito interessante, de leitura fluida que, certamente, instigará novas investigações.

O capítulo 9, cujo título é *Mecânica ondulatória e causalidade: como a filosofia influenciou o trabalho de Erwin Schrödinger*, foi redigido por Sofia Guilhem Basilio (USP). O objetivo do presente capítulo é apresentar como as reflexões filosóficas de Schrödinger sobre causalidade, continuidade e "visuabilidade" (*Anschaulichkeit*) foram essenciais para o surgimento da mecânica ondulatória. Segundo a autora, para Schrödinger, a física não era apenas um conjunto de leis, mas um campo em constante diálogo com grandes questões epistemológicas que envolviam a natureza do conhecimento e a estrutura da realidade. Sua crítica a uma causalidade absoluta e a defesa por uma interpretação estatística de eventos microscópicos, associados à exigência de modelos visualizáveis, permitiram-lhe formular uma teoria que harmonizava indeterminismo e continuidade processual. A tese central do presente capítulo sustenta que a visão filosófica de Schrödinger sobre causalidade, continuidade e indeterminismo foi decisiva para a formulação da mecânica ondulatória. Ao desafiar o determinismo estrito e ao reconhecer que a regularidade dos processos naturais poderia ser compreendida a partir de uma abordagem probabilística e flexível, Schrödinger abriu caminho para uma nova compreensão da realidade física. Trata-se, portanto, de um capítulo com o qual é possível estabelecer um profícuo diálogo com o capítulo anterior, no sentido de extrair da filosofia da física de Schrödinger respostas sobre se seu caráter é determinista ou indeterminista. Conforme se nota, tal discussão ainda está longe de ser concluída.

Por fim, apresentamos o capítulo 10. Trata-se de um texto intitulado *A Filosofia da Natureza de Erwin Schrödinger e sua leitura dos Vedas*, redigido por Vinícius Carvalho da Silva (UFMS). Neste capítulo, o autor nos apresenta um

Schrödinger que continuamente dialoga com a filosofia da Antiguidade grega, mas que também não teve dificuldades de conciliar tal filosofia com o pensamento dos sábios da Índia Antiga, e derivar desta síntese, especulações ontológicas que permeariam sua filosofia da natureza. Para da Silva, a pergunta que motiva suas especulações é: como, de fato, Schrödinger pode ter conciliado a sabedoria dos *Upanishads* com o atomismo antigo, e, por conseguinte, com sua atividade em física atômica? Segundo o autor, a resposta para tal questão encontra-se no fato de que, mesmo antes dos gregos, os sábios indianos já defendiam que a natureza é composta por diminutos corpúsculos que se movimentam de acordo com leis naturais. Dessa forma, Schrödinger pode conjugar o pensamento védico com o atomismo e a física contemporânea, pensando o mundo material como efeito do Eu no sentido védico: uma consciência universal, impessoal, uma estrutura transcendental que determina o mundo, que controla o movimento dos corpúsculos de acordo com leis naturais.

A segunda questão colocada pelo autor é: e quais seriam os princípios da filosofia da natureza de Schrödinger, calcada na sabedoria védica antiga? Para da Silva, podemos destacar que a filosofia da natureza de Schrödinger possui quatro fundamentos: ontológico, metafísico, físico e ético. Resumidamente, no plano metafísico, o pensador advoga a solução para o problema da identidade do ser (e em sentido “existencial”, para o nebuloso tema da morte). Se não somos, no fundo, somente estes corpos e consciências individuais, sistemas isolados no espaço e no tempo, se somos o Todo e se o Todo permanece, tão ilusório quanto nosso ego, é a nossa morte. Embora as formas individuais padeçam as transformações ininterruptas do devir, somos – participamos, ou ‘fazemos parte’ – o Eu transcendental que permanece. No plano físico, entra o Eu transcendental como realidade oculta que determina a natureza em seu nível fundamental. Se a realidade última é o Eu transcendental, então o mundo físico é um efeito deste. No plano moral, podemos derivar uma Ética dessa concepção de mundo, pois quando percebemos a natureza de nossa posição no mundo, a vida vã da praticidade superficial perde o sentido e tudo o que fazemos (mesmo as atividades mais práticas possíveis) tem o seu valor transfigurado, tudo o que fazemos passa a estar preenchido por aquela sabedoria, e isto faz com que a vida “mereça ser vivida”. E, por fim, no plano ontológico, a filosofia da natureza de Schrödinger pretende dar respostas radicais para duas grandes questões. A questão dos *phýsikós* “Qual a origem do Mundo?” e a questão posta por Plotino. “Quem somos nós?”. Todas estas questões são apresentadas pelo autor de forma a nos fazer questionar: até que ponto o pensamento da Antiguidade (grego ou indiano) pode nos fazer crer que ainda existem ressonâncias entre o fora pensado no passado e as maiores descobertas no campo da física moderna?

O volume de *Filosofia dos Físicos* que ora se apresenta, ao reunir estudos que entrelaçam história, filosofia e física teórica, busca oferecer ao leitor não apenas um panorama da evolução do pensamento de Louis de Broglie e Erwin Schrödinger, mas também uma reflexão sobre os fundamentos ontológicos e epistemológicos da mecânica quântica. A diversidade de abordagens e perspectivas aqui reunidas revela a vitalidade de um campo em constante diálogo com suas origens e com seus desdobramentos mais recentes, reafirmando o propósito do projeto do presente livro de promover um espaço de interlocução rigorosa, plural e fecunda entre ciência e filosofia. Convidamos, assim, o leitor a percorrer estas páginas e a participar desse diálogo, no qual o pensamento físico e o pensamento filosófico se encontram na busca incessante por compreender a realidade em sua profundidade mais essencial.

Eduardo Simões

Coordenador do LLC/UFT