

Caroline Elisa Murr

**FÍSICA QUÂNTICA E OBJETIVIDADE CIENTÍFICA.
ALGUMAS IDEIAS FILOSÓFICAS DE ERWIN
SCHRÖDINGER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção de grau de Mestre na área de Epistemologia.

Orientador: Prof. Dr. Décio Krause

Florianópolis, 2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina

M979f Murr, Caroline Elisa

Física quântica e objetividade científica
[dissertação]: algumas ideias filosóficas de Erwin
Schrödinger /
Caroline Elisa Murr ; orientador, Décio Krause. -
Florianópolis, SC, 2010.
162 p.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências
Humanas. Programa de Pós-Graduação em Filosofia.

Inclui referências

1. Schrodinger, Erwin, 1887-1961. 2. Filosofia. 3.
Quântica. 4. Ciência. 5. Objetividade. I. Krause, Décio.
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Filosofia. III. Título.

CDU 1

À minha mãe, que sonhou diante da realidade aparentemente mais dura, amou diante do ódio que parecia mais invencível e levantou-se diante das quedas aparentemente mais violentas, me inspirando a não desistir de fazer minhas realidades diante de um mundo ilusório de dificuldades aparentemente intransponíveis.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aqui, em primeiro lugar, ao Professor Décio Krause, que me acolheu ao vir para a área da Filosofia e me orientou neste trabalho, equilibrando admiravelmente a crítica construtiva e o apoio à liberdade e à criatividade. Tanto a ele quanto ao professor Newton da Costa, agradeço pelo contato com os assuntos relativos à Física Quântica e pelos seus seminários às vezes esclarecedores e ao mesmo tempo intrigantes. Além dele, todos os professores da Pós-Graduação em Filosofia da UFSC com quem tive algum contato – Marco Franciotti, Cezar Mortari, Luiz Henrique Dutra, Gustavo Caponi – seja como professores, seja em conversas informais, seja trabalhando em estágios ou em algum evento, me acolheram e me proporcionaram ensinamentos muito importantes do ponto de vista filosófico, humano e profissional, por isso agradeço a eles também. Em tempo, agradeço à professora Elizabeth Karas que, ao se dispor a me orientar na iniciação científica ainda na graduação em Matemática, abriu os horizontes para que eu trabalhasse para alcançar o objetivo de seguir uma carreira acadêmica. Não poderia deixar de agradecer também ao professor Adonai Sant’Anna, que despertou em suas aulas e conversas, ainda na graduação em Matemática, minha vontade de estudar Filosofia.

Agradeço ao professor Antonio Mariano, que participou de minha banca de qualificação, é suplente nesta banca de defesa e cuja minuciosa leitura e sugestões importantes foram preciosas para a realização deste trabalho. Agradeço especialmente ao professor Alberto Cupani, que também participou da banca de qualificação, participa desta banca de defesa, mas cuja influência neste trabalho vai muito além disso. Foi em grande parte em suas aulas e com suas conversas que este trabalho começou a ser gerado, dando ele todo o apoio também no decorrer da pesquisa não só nos assuntos relativos à objetividade científica, mas à Filosofia da Ciência em geral. Agradeço também a todos os outros professores do departamento de Filosofia e aos funcionários da secretaria da pós-graduação em Filosofia.

Por fim, agradeço à CAPES e ao governo brasileiro pela bolsa REUNI concedida, sem a qual a dificuldade financeira seria grande no decorrer deste curso de mestrado. Um agradecimento especial também ao professor Osvaldo Pessoa Jr, não só por aceitar gentilmente o convite para participar desta banca de defesa, mas pela atenção quando o

procurei no início do desenvolvimento deste trabalho, se dispondo a ajudar no que fosse possível.

Pessoalmente, agradeço a meus pais e meus irmãos pelo constante apoio, aos meus colegas mestrandos e doutorandos pelos momentos de discussões filosóficas e pela amizade, e especialmente ao Ivan, meu companheiro, com quem discuti mais longamente essas ideias e que me apoiou nos momentos mais difíceis de cansaço, desânimo, falta de inspiração etc., enquanto escrevia este trabalho.

“É melhor para a Filosofia errar participando ativamente das lutas vivas e assuntos da sua própria época e tempo do que manter uma impecabilidade monástica imune, sem relevância e sustentação nas ideias que geraram sua contemporaneidade.”

John Dewey
Philosophy and Civilization

RESUMO

O domínio da Física que é conhecido como ‘Física Quântica’ apresenta alguns resultados um tanto surpreendentes, capazes de suscitar questionamentos sobre certas concepções tradicionais, que podem ser importantes focos de análise da Filosofia da Ciência. Um desses questionamentos envolve a Objetividade Científica. Nesta dissertação, apresentamos algumas das controvérsias concernentes a esse grupo de disciplinas que formam a Física Quântica, identificando em que pontos uma concepção de objetividade considerada tradicional entra em conflito com as conclusões sugeridas pela análise, especialmente, do período histórico do desenvolvimento inicial daquilo que denominamos de Mecânica Quântica. Erwin Schrödinger refletiu, em seus escritos, sobre muitos dos problemas filosóficos levantados nessas discussões. Apresentamos, aqui, parte de seu projeto epistemológico, extraindo dele um esboço de uma noção de objetividade que nos parece mais adequada que a tradicional, considerando o caso da Mecânica Quântica. Daremos especial ênfase à presença, nessa noção tradicional, das distinções entre sujeito e objeto e entre fatos e teorias, mostrando que esses dogmas tradicionais se veem ameaçados diante de certos resultados encontrados pela Mecânica Quântica. As ideias filosóficas de Schrödinger parecem ser mais adequadas, então, por enfatizar a importância da rejeição da distinção entre sujeito e objeto na Filosofia. Além disso, seu projeto epistemológico parte do pressuposto de que o objeto da Ciência é construído, o que permite concluir que os fatos seriam contaminados, do início, por teoria. Também trabalhamos com textos em que Schrödinger discute questões que identificamos com as que aparecem na discussão recente sobre objetividade científica, discutindo nas conclusões desta dissertação algumas consequências de suas ideias na Filosofia da Ciência.

Palavras-chave: Schrödinger. Quântica. Ciência. Objetividade.

ABSTRACT

The domain of Physics which is referred to as ‘Quantum Physics’ features some results, which are so surprising that give rise to inquiries about certain ‘traditional’ conceptions that become focuses of analysis in Philosophy of Science. One of those conceptions is scientific objectivity. In this dissertation, we present some of the controversies concerning this cluster of disciplines that form Quantum Physics, by identifying points in which the so called traditional conception of objectivity conflicts with the conclusions suggested especially by the analysis of the historic period of the initial development of what we term ‘Quantum Mechanics’. In his papers Erwin Schrödinger has reflected about many philosophical problems arisen in these discussions. We present here a part of Schrödinger’s epistemological project, extracting from it a sketch of a notion of scientific objectivity that seems to be more adequate than the traditional, considering the case of Quantum Mechanics. We give special emphasis to the presence of distinctions between subject and object and between facts and theory in the traditional conception; these dogmas are threatened when analyzed under the light of certain results found by Quantum Mechanics. Schrödinger’s philosophical ideas seem to be more adequate due to the stress on the importance of rejecting the distinction between subject and object in Philosophy. Moreover, his epistemological project begins with presupposing that the object of Science is constructed, allowing us to conclude that facts are laden by theory from the beginning. We also work with texts in which Schrödinger discusses questions that can be identified with those that appear in recent debates of scientific objectivity, discussing on the conclusions of this dissertation some consequences of his ideas on the Philosophy of Science.

Keywords: Schrödinger. Quantum. Science. Objectivity.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	p. 12
1. OBJETIVIDADE CIENTÍFICA	p. 24
1.1. Introdução à discussão da objetividade científica.....	p. 24
1.2. A noção tradicional de objetividade científica.....	p. 28
1.3. As distinções e a noção tradicional de objetividade.....	p. 33
2. FÍSICA QUÂNTICA	p. 38
2.1. Física Quântica e questionamentos filosóficos.....	p. 38
2.2. Dualidade onda-partícula.....	p. 41
2.3. O Experimento das Duas Fendas para a luz.....	p. 43
2.4. O Experimento das Duas Fendas para elétrons.....	p. 48
2.5. Algumas características da Física Quântica.....	p. 51
2.6. O gato de Schrödinger.....	p. 57
2.7. Interpretações da Teoria Quântica.....	p. 59
2.8. Incompatibilidade entre Física Quântica e objetividade tradicional.....	p. 67
3. ALGUMAS IDEIAS FILOSÓFICAS DE ERWIN SCHRÖDINGER	p. 72
3.1. A trajetória de Schrödinger.....	p. 72
3.2. A construção dos objetos cotidianos.....	p. 76
3.2.1. Realidade como estratégia: o ‘Princípio da Objetivação’.....	p. 82
3.3. A construção dos objetos da Ciência.....	p. 85
3.3.1. Puras Configurações.....	p. 88
3.3.2. O Princípio da Objetivação na Ciência.....	p. 90
3.3.3. Descrições e Interpretação em Schrödinger.....	p. 93
3.3.4. Colocando os objetos no mesmo nível.....	p. 96
3.4. A Ciência sob o olhar de Schrödinger.....	p. 102
3.5. Schrödinger e a Física Quântica.....	p. 108
3.5.1. A controvérsia Schrödinger X Copenhague.....	p. 108
3.5.2. Sobre o Princípio da Incerteza.....	p. 110

3.5.3. Sobre a constituição da matéria.....	p. 114
3.5.4. Sobre a dualidade onda-partícula.....	p. 116
3.5.5. Sobre determinismo e indeterminismo na Física.....	p. 118
3.5.6. Sobre o Princípio da Causalidade.....	p. 120
3.5.7. Sobre a distinção sujeito/objeto.....	p. 121
4. OBJETIVIDADE CIENTÍFICA COM UMA FACE HUMANA.....	p. 125
4.1. A rejeição dos dualismos.....	p. 126
4.2. Objetividade científica em Schrödinger.....	p. 130
4.2.1. Concepções iniciais.....	p. 131
4.2.2. Concepções tardias.....	p. 133
4.2.3. Sobre a ‘coisa em si’ e a verdade.....	p. 138
4.2.4. Objetividade em Schrödinger e os sentidos de Megill.....	p. 141
CONCLUSÕES.....	p. 145
‘Audaciosamente indo’ a outras reflexões.....	p. 151
REFERÊNCIAS.....	p. 154

INTRODUÇÃO

“A glória dos antigos, como a dos demais, permanece intacta, pois não se estabelecem comparações entre engenhos e capacidades, mas de métodos. Não nos colocamos no papel de juiz, mas de guia.”

Francis Bacon,
Novum Organum.

É possível identificar, na Física Quântica¹, algumas características marcantes e peculiares, que motivam reflexões acerca da objetividade científica. Essas características podem servir para destacar a importância, para a Filosofia da Ciência, de se repensar o conceito de objetividade. Nesta dissertação, temos o intuito de discutir a questão da objetividade científica diante, especialmente, dessas características. Nossa discussão levará em conta principalmente algumas ideias filosóficas de Erwin Schrödinger, um dos mais importantes físicos envolvidos no desenvolvimento desse ramo da Ciência. Ele foi um dos autores que se preocuparam em ressaltar as controvérsias geradas pela Física Quântica com respeito a conceitos que estão, segundo entendemos, estreitamente ligados à discussão da objetividade científica. Essa ligação ficará evidente ao longo de nossa exposição. A relação dessas controvérsias com esses conceitos ligados à objetividade pode ser considerada a principal razão para restringirmos nossa análise à Física Quântica. Trata-se de um exemplo da História da prática científica que parece fornecer bons motivos para se revisarem esses conceitos.

Já a escolha do próprio tema da objetividade científica se deve à consciência da sua importância crucial para as discussões recentes em Filosofia da Ciência. Esse tema, ao lado de outros como os da racionalidade e da ética, por exemplo, figuram nas discussões que pretendem propor um novo olhar sobre a Ciência, especialmente a Física. Essas discussões parecem procurar um ponto de equilíbrio entre

¹ Por ‘Física Quântica’ pode-se entender um conglomerado de teorias, desde a ‘antiga Mecânica Quântica’ de Bohr, Einstein e Planck às formulações de Heisenberg, Schrödinger e Bohm. No entanto, nosso recorte neste trabalho será restrito à Mecânica Quântica ortodoxa (não-relativística). Estaremos discutindo constantemente sobre algumas diferenças entre as variações, especialmente das chamadas ‘interpretações’, da Teoria Quântica. A importância disso ficará clara no decorrer do texto.

o cientificismo fiscalista forte de alguns autores ligados ao Empirismo Lógico e o chamado anarquismo de autores como Feyerabend. Neste trabalho, temos o intuito de seguir essa linha: não abandonar a confiança na Ciência, procurando, no entanto, ser mais falibilistas com relação a ela². Assim, acreditamos que a discussão da questão da objetividade³ é primordial para a construção de uma imagem menos deturpada da Ciência, mais próxima do que se observa focando a História e a prática científica.

Percebemos, no entanto, uma carência de abordagens do tema da objetividade direcionadas à Mecânica Quântica não-relativística, a que nos referimos mais especificamente nesta dissertação. Uma das primeiras tentativas de ‘axiomatizar’, por assim dizer, a Mecânica Quântica não-relativística, foi a de Von Neumann, de 1932, usando espaços de Hilbert⁴ (cf. PESSOA JR., 2003, p. 65). O adjetivo ‘não-relativística’⁵ é acrescentado sempre que se pretende diferenciá-la da Teoria Quântica de Campos, também chamada de Mecânica Quântica Relativística. Esta teria surgido de um questionamento de Dirac sobre como a Mecânica Quântica descreveria um campo contínuo (cf. PESSOA JR., 2003, p. 133), unindo, de certa forma, a Mecânica Quântica com a Relatividade Restrita. Nesta dissertação estaremos nos referindo sempre à Mecânica Quântica não-relativística, que não usa Relatividade – nem restrita nem geral – em sua formulação. Trata-se de uma questão de recorte, e não de defesa de algum tipo de virtude científica desta subdivisão da Física. Esse recorte se deve ao fato de pretendermos dar ênfase a algumas controvérsias da Mecânica Quântica não-relativística, especialmente porque Schrödinger, autor que escolhemos para esquadrihar algumas ideias, participou do desenvolvimento dessa parte

² Hilary Putnam, no capítulo 5 de *Reason, Truth and History*, discute esse cientificismo fiscalista, que teria fracassado, e refere-se às posições como a anarquista, na Filosofia da Ciência, como respostas a esse fracasso. Parece-nos que esse autor se enquadra entre os que procuram uma via de equilíbrio entre esses extremos.

³ Mesmo que o termo ‘objetividade’ não esteja acompanhado do adjetivo ‘científica’, estaremos sempre nos referindo à objetividade científica, neste trabalho.

⁴ Há outras formulações que não utilizam espaços de Hilbert, como a abordagem algébrica, via integrais de Feynman, entre outras. Segundo Jammer (1974, pp. 7-9) de 1930 temos a formulação de Dirac, elegante e econômica, e de 1942 o formalismo matricial de Heisenberg. No entanto, após a publicação de Von Neumann, sua formulação foi amplamente aceita.

⁵ Em tempo: utilizaremos neste texto aspas simples para nossa própria ênfase de termos ou expressões, aspas duplas para citações literais ou títulos de artigos e itálicos para títulos de livros, equações e legendas de esquemas de experimentos e algumas expressões estrangeiras; itálicos e aspas simples também serão utilizados para ênfase do autor em citações literais, a qual será devidamente indicada.

da Física, discutindo muito em seus escritos as controvérsias nela envolvidas. Além da expressão Mecânica Quântica não-relativística, usaremos a expressão ‘Teoria Quântica’ quando nos referirmos mais especificamente a alguma versão da teoria formulada, digamos, axiomáticamente, enquanto que a expressão ‘Física Quântica’ será usada no sentido de um complexo englobando também experimentos, interpretações e outros elementos⁶.

Frequentemente, outros problemas filosóficos, que não o da objetividade, são priorizados em artigos sobre Filosofia da Física Quântica. São também questões de suma importância para a Filosofia da Ciência, tais como realismo, identidade, problemas de fundamentos etc.⁷ Naqueles artigos que tratam de objetividade na Física Quântica, no entanto, são raras as conexões com as discussões acerca da objetividade na Filosofia da Ciência em geral. Certamente há exceções, mas não pudemos encontrar nenhum trabalho priorizando os pontos que consideramos primordiais para essa discussão. Por certo é possível que existam trabalhos cujas ideias sejam convergentes com estas aqui expostas, porém não foi possível encontrá-los em nossas pesquisas⁸. De qualquer forma, o material amplamente divulgado sobre o tema é escasso, e talvez uma das explicações para isso seja a própria distância temporal das discussões acerca da objetividade, de um lado, e da Mecânica Quântica, de outro.

⁶ Essa distinção será útil quando tratarmos das Interpretações da Teoria Quântica, na seção 2.7. Poderíamos entender a expressão ‘Física Quântica’ como uma espécie de paradigma kuhniano; num dos sentidos que se pode entender do termo paradigma, sendo essa ampla rede de elementos que envolvem uma disciplina científica. Fazemos essa comparação, no entanto, somente para diferenciar os dois sentidos usados neste trabalho: quando nos referimos somente à estrutura matemática da teoria, chamando-a ‘Teoria Quântica’ e quando pretendemos falar, num sentido mais amplo, na ‘Física Quântica’. Na maior parte do tempo será a segunda expressão que usaremos, por tratarmos de questões mais gerais em Filosofia da Ciência e não darmos ênfase, por uma questão de recorte, a questões relativas aos fundamentos da teoria. Não pretendemos, entretanto, nos comprometer com as implicações do uso do termo ‘paradigma’.

⁷ São exemplos de textos, não trabalhados nesta dissertação, que versam sobre essas discussões, respectivamente, Ben-Menahem (1992), French & Krause (2006) e Dalla Chiara *et al* (2004).

⁸ Alguns artigos, não trabalhados nesta dissertação, que tratam de objetividade na Física Quântica são Brown (1999), Grangier (2002), e Garola (2000), (2002), (2003); de um autor mais próximo da discussão da objetividade científica em geral encontramos Popper (1967), que não analisaremos, pois o viés dado por esse autor à questão da objetividade científica na Física Quântica parece não contribuir à abordagem que fazemos neste trabalho, uma vez que parte do pressuposto de que o sujeito, ou observador, não tem influência nos experimentos, e que seu papel não mudou quanto a isso na Física Quântica.

A partir da década de 1960, com a difusão das ideias de Thomas Kuhn em *The Structure of Scientific Revolutions* (1970), as discussões sobre o tema da objetividade científica começaram a ser mais claramente delineadas. Tomou corpo a partir de então um debate de caráter mais geral, não somente acerca de problemas da Física, mas também das Ciências Humanas. Essa obra de Kuhn suscitou diversos questionamentos acerca da noção tradicional de objetividade científica, entre outros temas bastante polêmicos. O livro de Kuhn teve, assim, um impacto considerável na Filosofia da Ciência, abrindo caminho para intensificar as discussões de questões como a da objetividade.

Por sua vez, a Física Quântica começou a ter sua História delineada entre o final do século XIX e o início do século XX. Segundo Schrödinger, as discussões filosóficas acerca da Mecânica Quântica não-relativística tiveram seu auge na década de 1950. Entretanto pode-se dizer que, por volta dessa época “as discussões filosóficas sobre a Mecânica Quântica caíram de moda” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 103), em virtude, provavelmente, da supremacia das ideias da chamada Interpretação de Copenhague, que ficou conhecida como ‘Interpretação Ortodoxa’ da Mecânica Quântica⁹. Falaremos mais sobre as ideias dessa interpretação no decorrer de nossa exposição.

Schrödinger parece ter insinuado com essa afirmação que a aceitação quase que em massa, pelos físicos, das ideias dessa interpretação, atenuou o debate das questões filosóficas em que as descobertas da Física Quântica poderiam estar envolvidas. Além disso, já havia outros ramos da Física em desenvolvimento, como a Relatividade de Einstein (Restrita, de 1905 e Geral, de 1915) e a Teoria Quântica de Campos, por exemplo. A partir de generalizações desta última, é possível chegar às Teorias de Cordas (cf. WICK, 1995, p. 211), em torno das quais giram algumas das discussões mais atuais em Física.

Porém, parece que ainda não houve tempo hábil para a Filosofia da Ciência ‘digerir’ esse desenvolvimento, já que as discussões sobre a Mecânica Quântica estão longe de terem sido esquecidas ao longo de quase um século desde os seus primeiros passos. Acreditamos que este trabalho pode ser importante neste sentido: promover a aproximação das

⁹ Com o avanço da tecnologia, intensificaram-se as concretizações de experimentos na Física Quântica; são exemplos os artigos de ASPECT *et al* (1982), em que experimentos são feitos para verificar a violação das desigualdades de Bell, confirmando as previsões da Mecânica Quântica. Com isso, as discussões filosóficas sobre a Física Quântica, que segundo Schrödinger teriam ‘caído de moda’ na década de 1950, voltaram a ter lugar, o que torna ainda mais oportuno voltar às ideias desse autor tendo em vista esses novos debates.

propostas mais recentes, concernentes à objetividade científica, com alguns problemas filosóficos que podem ser motivados pela Mecânica Quântica.

Também é possível defender, conforme veremos ao longo desta dissertação, que o período de nascimento e desenvolvimento da Mecânica Quântica impulsionou mudanças importantes do ponto de vista epistemológico. Dentre os autores que chamaram a atenção para essa influência está John Dewey, por exemplo, que abordou o tema em um capítulo de seu livro *The Quest for Certainty*, de 1929¹⁰. O recorte a essa parte da Física em nossa pesquisa se justifica também, então, pela carência de abordagens da questão da objetividade científica nesse período de suma importância para a História da Ciência, a saber, do desenvolvimento inicial da Mecânica Quântica.

Há outro motivo muito forte para defendermos o cruzamento das duas discussões, a saber, objetividade e Física Quântica. Constantemente a Física é tomada como exemplo indiscutível da objetividade científica tradicionalmente concebida. A motivação para a revisão dessa noção comumente é atribuída somente a questões relativas às Ciências Humanas¹¹. Esperamos que este trabalho possa contribuir para enfraquecer esse mito, já que partimos da análise de parte da História e prática da Ciência Física.

Iniciaremos expondo, no capítulo 1, uma síntese do que se pode chamar ‘noção tradicional’ de objetividade científica. Com base em Cupani (1990) e Megill (1994), construiremos um esboço dessa noção, explicitando suas características principais. Daremos especial ênfase a duas delas: o afastamento da subjetividade e a adequação ao objeto, ou descrição da realidade. A Ciência seria considerada objetiva na medida em que tivesse mais sucesso nessa descrição.

Essas características estão intimamente relacionadas a uma perspectiva em que o objetivo da Ciência encerra-se na perseguição da ‘verdade’, em sentido correspondentista¹². Não pretendemos nos ater ao debate sobre a verdade nesta dissertação, apesar das consequências que podem ser extraídas para a discussão do tema diante de nossas reflexões. Em virtude de sua ligação estreita com a questão da objetividade,

¹⁰Cf. DEWEY, 1929, cap. 8.

¹¹ Cupani (1990) afirma que a polêmica sobre objetividade científica é maior nas Ciências Humanas.

¹² Uma exposição sobre as teorias da verdade está em Dutra (2001), dedicando-se às teorias clássicas no capítulo 1 e às alternativas no capítulo 2. Outra abordagem ao problema da verdade é feita por da Costa (1999), no cap. 3.

todavia, não podemos deixar de mencioná-lo. Pode-se dizer que muitos dos motivos que levam a repensar o conceito tradicional de objetividade também abalam o conceito tradicional de verdade. Aliás, acreditamos que uma análise da questão da objetividade pode ser útil para uma posterior reflexão sobre o tema da verdade.

Mostraremos também que as características da noção tradicional de objetividade, apontadas acima, relacionam-se com a pressuposição de duas distinções: entre sujeito e objeto e entre fatos e teorias. Isto é, segundo a concepção tradicional, os fatos não seriam contaminados por teorias de fundo e esses fatos, como objetos de estudo, seriam independentes dos sujeitos que os analisam.

Citamos três exemplos de autores que defenderam, em algum momento, ideias semelhantes: Ernst Nagel, Mario Bunge e Herbert Feigl. Escolhemos citar um texto de Nagel, pela sua influência e renome na Filosofia da Ciência, outro de Bunge, pela sua proximidade com a discussão da objetividade e um de Feigl, pela sua insistência na defesa dessa visão tradicional da Ciência pelo menos até meados da década de 1970. Entretanto, estamos conscientes do perigo de marcar injustamente um autor com determinados rótulos. Não temos, por isso, a pretensão de que os textos citados e a maneira como os interpretamos reflitam as concepções últimas desses autores. Fizemos a escolha por esses textos assim como poderíamos ter feito por outros, apenas com o intuito de indicar exemplos, na Filosofia da Ciência, da concepção tradicional de objetividade tal como a descrevemos.

Concordamos com Cupani quando afirma, em seu texto de 1990, que entender a objetividade científica por meio dessa perspectiva tradicional implicaria em normativismo. Os defensores dessa visão na Filosofia, em sua maioria, pregariam que a Ciência ‘deve’ perseguir esse sentido de objetividade, mesmo que como um ideal que contraste, por vezes, com o que se constata na prática científica e na sua História. Na revisão que aqui propomos é preciso considerar este ponto: identificar em que sentido a objetividade pode ser observada na prática científica, em uma atitude que, embora não exclua uma análise filosófica, é mais descritivista que normativista¹³. Podemos nos referir a esse tipo de atitude como ‘naturalista’.

¹³ Admitimos que fosse possível para a Filosofia da Ciência se aproximar da prática científica e ao mesmo tempo ser normativista. Mas isso só poderia resultar em uma descrição de ‘erros’ e ‘acertos’ dos cientistas com respeito ao que é o ideal pré-estabelecido para a objetividade e outros conceitos. E não é nesse sentido que pretendemos nos aproximar da História e da prática científica, como ficará mais claro adiante.

A expressão ‘naturalista’ é inspirada no projeto da Epistemologia Naturalizada, como propôs Willard Van Orman Quine. Além de defender que o conhecimento precisava ser analisado com o mesmo espírito que a Ciência Natural, Quine também era favorável a uma análise mais descritivista da Ciência em geral, dizendo que é “melhor descobrir como a Ciência é de fato desenvolvida e aprendida do que fabricar uma estrutura fictícia para efeito similar” (QUINE, [1969], p. 21). Pretendemos que este trabalho seja um passo importante também nessa direção, isto é, de repensar propostas de cunho estritamente normativista na Filosofia da Ciência.

Posteriormente, no entanto, Quine defendeu não pretender abolir completamente o normativismo na Epistemologia, deixando-o a cargo de uma espécie de Epistemologia Aplicada¹⁴. Nesta dissertação, não vamos nos posicionar quanto a este assunto, a saber, em que medida o normativismo estaria presente no naturalismo. Ao mesmo tempo, negamos que seja possível ou mesmo útil o descritivismo puro, destituído de análise filosófica. O próprio conteúdo deste trabalho reitera que não é possível fazer puras descrições, pois os fatos descritos estariam já ‘contaminados’ por nosso olhar.

Estamos, portanto, adotando uma atitude que podemos chamar de naturalista, no sentido de que pretende se aproximar da atividade dos cientistas em seu dia-a-dia bem como da História da prática científica. Acreditamos, concordando com Dutra (1998, pp. 139-140) que é possível adotar essa postura sem o comprometimento com certas teses naturalistas, que muitas vezes pregam a rejeição de qualquer análise filosófica.

De fato, a atitude naturalista nos é suficiente neste trabalho, na medida em que apenas não pretendemos que a Filosofia dite normas à Ciência de maneira *a priori*. Conforme diz Dutra, “podemos reservar para a Epistemologia das Ciências apenas uma tarefa mais modesta, de compreender melhor as Ciências Empíricas” (DUTRA, 1998, p. 143). Acreditamos, no entanto, que esse ‘compreender melhor’ não se resume a apenas descrever o que os próprios cientistas entendem por objetividade; mais que isso, consiste em fazer uma análise servindo-se do instrumental filosófico. É importante considerar os desenvolvimentos em Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência, enfim, dialogar com a tradição filosófica. A pura descrição da atividade ou do discurso do cientista de nada valeria, pois seria destituído da reflexão e análise

¹⁴ Cf. DUTRA (1999), p. 128.

próprias da Filosofia. O instrumental filosófico, que inclui questionar invariavelmente por que e como a dinâmica da Ciência ocorre, é fundamental para proporcionar mais clareza e profundidade na compreensão dessa mesma dinâmica, podendo por vezes vir a servir ao próprio cientista como ponto de partida de reflexões e ideias novas.

Após a exposição, no capítulo 1, da noção tradicional de objetividade científica, passaremos a apresentar, no capítulo 2, algumas características peculiares da Física Quântica que geraram questionamentos filosóficos ao longo do seu desenvolvimento. Entre elas estão o indeterminismo, a incerteza, a superposição e os distúrbios interacionais. Argumentaremos, nesse capítulo (2), que a discussão em torno dessas características, aliada ao surgimento das ‘interpretações’ da Teoria Quântica, pode entrar em conflito com alguns pressupostos da noção tradicional de objetividade, principalmente com as distinções sujeito/objeto e fatos/teorias. Mais que isso, o próprio surgimento desses questionamentos parece demandar uma revisão desses pressupostos¹⁵.

Daremos especial ênfase, ao longo do trabalho, a essas distinções, a que podemos chamar de ‘dogmas’ da Filosofia da Ciência tradicional. Notadamente, esses dogmas se afastam das conclusões advindas da análise dessas características da Física Quântica. Esta parece não cumprir os requisitos impostos pela maneira tradicional de entender a objetividade. Uma das metas desta dissertação é extrair, das ideias de Schrödinger e de propostas recentes de reelaboração do conceito de objetividade científica, um esboço de uma noção que seja compatível com o que a Física Quântica parece sugerir: a rejeição dessas distinções pressupostas pela noção tradicional. Esse pode parecer um projeto ousado, e não pretendemos esgotá-lo nessa dissertação. A apresentação de uma nova proposta de objetividade científica, inspirada nas ideias de Schrödinger e levando em conta as controvérsias da Física Quântica é um projeto para o futuro. O que pretendemos fazer aqui é extrair uma proposta de objetividade científica do pensamento de Schrödinger, ao

¹⁵ A não-localidade, a violação da separabilidade e o questionamento do realismo metafísico, também são características importantes atribuídas a fenômenos quânticos, amplamente discutidas nos debates acerca, por exemplo, das desigualdades de Bell. O questionamento do realismo metafísico é tratado nesta dissertação, quando tocamos no tema das interpretações da Teoria Quântica. Já as questões acerca da não-localidade e separabilidade não são tratadas em nosso recorte. É verdade que o experimento mental do gato de Schrödinger foi inspirado por essas discussões, mas escolhemos aqui priorizar outras controvérsias sobre as quais Schrödinger fala em suas obras mais tardias, e que portanto nos parecem suficientes para a análise que pretendemos fazer.

menos nas obras aqui consultadas, e confrontá-la com ideias mais recentes sobre o tema e com os problemas levantados pela Física Quântica.

Ao observarmos que esses pressupostos, aos quais daremos ênfase, não parecem ser compatíveis com o que constatamos observando a prática científica, evidencia-se o normativismo presente na concepção tradicional. Ademais, apesar de nosso estudo se restringir à Mecânica Quântica não-relativística, sendo motivado pelas questões advindas do desenvolvimento dessa disciplina, não acreditamos que a noção tradicional de objetividade seja inadequada apenas para a Física Quântica. Esta contribuiu para levantar problemas que muitos filósofos defenderam ser inerentes a qualquer Ciência, ou mesmo a qualquer atividade humana. No capítulo 3 desta dissertação, enfatizamos as ideias de um desses filósofos, Erwin Schrödinger (1887-1961).

Schrödinger foi um dos mais importantes cientistas de sua época, sendo um dos fundadores da Física Quântica. Foi também professor e esboçou ideias filosóficas em vários artigos, os primeiros sendo publicados por volta de 1932. Nesses artigos, ele refletiu sobre questões como o objetivo e o papel da Ciência na sociedade humana, além de questões epistemológicas desde os seus primeiros textos com caráter filosófico.

O desenvolvimento do que Michel Bitbol denomina ‘projeto epistemológico’ de Schrödinger culminou com as ideias apresentadas nos textos concebidos durante sua estadia em Dublin, por volta de 1950. Nesses artigos, entre muitas outras reflexões, Schrödinger defendeu a rejeição de distinções como sujeito/objeto na Filosofia. Como é frequente ocorrer com publicações tardias de alguns autores, esses artigos ficaram um tanto esquecidos, sendo que o que mais notadamente acabou sendo difundido a respeito de suas ideias chega a ser conflitante com esses escritos. Certamente uma das razões para esse mal-entendido foi a supremacia alcançada pela Interpretação de Copenhague da Mecânica Quântica.

Esse grupo era composto por físicos de renome, como Niels Bohr (1885-1962), Werner Heisenberg (1901-1976), Wolfgang Pauli (1900-1958) e Max Born (1882-1970) (cf. PESSOA JR., 2003, p. 97). O nome pelo qual esse grupo ficou conhecido se deve à origem de um de seus principais representantes: Niels Bohr, da Universidade de Copenhague, Dinamarca (cf. WICK, 1995, p. 11). Por vezes, é utilizada a denominação ‘Göttingen-Copenhague’, em virtude de Heisenberg e

Born serem oriundos de Göttingen, Alemanha (cf. WICK, 1995, p. xi). Outro nome conhecido referindo-se ao mesmo grupo e à mesma interpretação é ‘Interpretação Ortodoxa’ (cf. PESSOA JR., 2003, p. 96). Sabe-se que havia divergências dentro desse grupo, podendo ser ainda subdividido. Mas essas subdivisões não são significativas para nossa análise.

Schrödinger discordava de muitas das ideias desse grupo, tanto com respeito à Física quanto à Filosofia, tendo-lhes endereçado várias críticas. Na verdade, a visão difundida das ideias de Schrödinger corresponde muito mais ao que esse grupo compreendia dessas críticas. Bitbol e outros filósofos têm se dedicado a resgatar esses artigos tardios de Schrödinger, fazendo jus ao caráter inovador de suas ideias filosóficas. Segundo Bitbol, “os textos do início da década de 1950, e especialmente os Seminários Dublin desse período, são vistos como a tentativa mais elaborada e lúcida de Schrödinger de expor seu projeto” (BITBOL, 1995, p. 1). O resgate dessas ideias também é um dos pontos que acreditamos contribuir não só para a discussão atual sobre objetividade científica, mas para a Filosofia da Ciência em geral.

Diante da aparente inadequação das distinções pressupostas pela noção tradicional de objetividade e do fato de que esta não considera que o objeto da Ciência é construído, apresentamos a tese de Schrödinger a respeito da construção do objeto da Ciência. Pretendemos expor as ideias de Schrödinger com respeito à construção dos objetos cotidianos e dos objetos das Ciências Físicas no capítulo 3. Para isso, nos apoiaremos principalmente nos textos de Schrödinger e Bitbol apontados nas referências. Uma vez que esse projeto epistemológico de Schrödinger parece não carregar os mesmos pressupostos da noção tradicional, podemos defender que uma noção de objetividade que lhe seja compatível pode ser mais adequada que a tradicional, ao menos diante do caso da Física Quântica.

Antes de retomar o tema da objetividade, no entanto, retomaremos os assuntos relativos à Física Quântica, ainda no capítulo 3, ao falar sobre as controvérsias entre Schrödinger e os partidários da Interpretação de Copenhague. Parece-nos que esses desentendimentos teriam raízes na maneira de lidar com a distinção sujeito/objeto e fatos/teorias.

No capítulo 4, dedicaremos uma seção a abordar brevemente a questão das distinções, ou dualismos, na Filosofia, situando as ideias de Schrödinger nessa discussão através de algumas reflexões de Bitbol

(1996). Citaremos também dois autores importantes para a Filosofia da Ciência que rejeitaram a distinção fatos/teorias, Hanson e Kuhn. Não é nosso objetivo explicar com detalhes as propostas desses filósofos, mas sim utilizá-las para salientar a importância da discussão e, ao mesmo tempo, destacar a sintonia do pensamento de Schrödinger com essas ideias, mesmo antecipando algumas delas. Apresentaremos também, nesse mesmo capítulo, algumas reflexões de Schrödinger que revelam a preocupação com temas pertinentes ao que entendemos hoje como a discussão da objetividade científica. Procuramos chegar a uma caracterização de uma noção de objetividade científica que pode ser extraída das ideias de Schrödinger, desde certa perspectiva.

Já expusemos alguns dos motivos pelos quais escolhemos enfatizar as ideias de Schrödinger. Mais uma razão é sua declaração de que, ao se analisar a Ciência, também se está fazendo Ciência. E tendo como objeto a própria Ciência. Nas palavras de Schrödinger: “no presente caso, o objeto é a própria Ciência, como ela se desenvolveu, se transformou e é no presente, não como *deveria* ser ou *deveria* se desenvolver no futuro” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 132, grifos do autor). Esse trecho ressalta sua intenção de afastar o normativismo estrito de suas reflexões filosóficas, harmonizando com os objetivos desta dissertação.

Não deve passar em branco o fato de estarmos dando atenção às ideias filosóficas de um físico – a rigor, Schrödinger não era filósofo, de formação acadêmica. Mas tinha o espírito filosófico, despertado pela criação familiar e pelo ambiente intelectual da Viena da virada do século XIX para o XX, onde cresceu, além de sua inclinação pessoal. O próprio Schrödinger afirmou que as suas ideias filosóficas seriam fruto de seu conhecimento, especialmente científico, e afirma humildemente que “a respeito dessas coisas [ideias filosóficas] eu pretendo falar por mim mesmo apenas, e sem nenhuma autoridade” (SCHRÖDINGER, [1954a], p. 124). Mas afirmou também, em outra ocasião, que seu interesse em Filosofia e especialmente em Epistemologia era grande, e foi bastante influenciado por suas leituras de Mach e Boltzmann, entre outros (Cf. SCHRÖDINGER, [1940], p. 121).

A experiência de Schrödinger como cientista parece lhe proporcionar uma posição privilegiada. De fato, acreditamos que o cientista tem muito a dizer quando se pretende desenvolver uma Filosofia da Ciência mais próxima da prática científica. Mas não acreditamos que isso deva legar-se exclusivamente aos ‘cientistas-

filósofos'. Tendo em vista fugir da parcialidade absoluta quanto à preferência da análise filosófica feita por um físico, apontaremos, na seção 4.2.4., um interessante paralelo que pode haver entre o pensamento tardio de Schrödinger e a proposta de objetividade científica de um filósofo da Ciência de atuação recente, Joseph Hanna. No entanto, deixaremos para trabalhos posteriores uma possível análise comparativa mais exaustiva das semelhanças e diferenças apresentadas entre as ideias dos dois autores.

Nas conclusões desta dissertação, faremos reflexões acerca das virtudes e dos problemas que essa concepção de objetividade, extraída das ideias de Schrödinger, poderia apresentar. Discutiremos se essa noção poderia servir de inspiração a um esboço de uma concepção de objetividade, alternativa à tradicional. Não pretendemos desenvolver aqui uma nova noção de objetividade, no entanto. Mesclar elementos de discussões recentes em Filosofia da Ciência, como os presentes no texto de Joseph Hanna, de 2004, por exemplo, com os da filosofia de Schrödinger pode ser interessante, e certamente faz parte de planos para futuros trabalhos. Por fim, levantamos algumas questões surgidas durante as reflexões empreendidas ao longo da pesquisa, as quais extrapolam um pouco as discussões acerca da objetividade. Acreditamos que muitas das questões levantadas nesta dissertação não são exclusivas da Física Quântica. Sendo assim, este trabalho também pode contribuir para se repensar o conceito de objetividade, além de outras concepções, com relação às ciências em geral.

1. OBJETIVIDADE CIENTÍFICA

“Era absolutamente certo, meus companheiros argumentavam, que nunca houvera qualquer forma de vida inteligente na lua. (...) Eu sabia disso tão bem quanto qualquer um, mas há momentos em que os cientistas não devem ter medo de fazer papel de tolos.”

Arthur Clarke,
A Sentinela.

1.1. Introdução à discussão da objetividade científica

“A objetividade está na agenda – em várias agendas – para se repensar” (MEGILL, 1994, p.1). Essa frase de Alan Megill expressa uma tendência, de que falamos na Introdução deste trabalho, para revisar noções tradicionais em Filosofia da Ciência, sem, no entanto, recair em radicalismo. Parte do objetivo deste trabalho se insere nesta linha de pensamento: repensar a objetividade científica como tradicionalmente apresentada na Filosofia, sem necessariamente abandonar esse conceito, isto é, sem negar que a Ciência possa ter objetividade, em algum sentido. Nesta seção, pretendemos introduzir a temática da objetividade com base em “Four Senses of Objectivity”, de Megill (1994), expondo brevemente os quatro sentidos por ele apontados para a objetividade.

No texto mencionado acima, introdução da coletânea *Rethinking Objectivity*, Megill fala sobre a necessidade de se repensar não só a concepção de objetividade, como também o fato de que essa concepção seja única. Ele identifica pelo menos quatro sentidos para o termo, analisando os artigos que compõem o livro a que faz essa introdução. Esses artigos abordam a questão da objetividade sob diferentes pontos de vista, uma vez que cada autor acaba enfatizando mais os problemas de uma determinada área de interesse.

Segundo Megill (1994, p. 1), nos textos que compõem essa coletânea podem-se encontrar esses quatro sentidos, o que sugere a inserção dos mesmos na discussão corrente em Filosofia. No mesmo texto, o autor diz não pretender, no entanto, que essa seja uma divisão rigorosa, tampouco um tratamento definitivo da questão. Frisa que alguns desses sentidos, na prática, podem encontrar-se misturados e ressalta, ao longo da exposição, possíveis pontos de contato entre eles.

Entretanto, afirma que, conceitualmente, eles são distintos, defendendo que em qualquer discussão sobre objetividade se deve, em primeiro lugar, identificar o conceito de objetividade sobre o qual se está falando. Esses sentidos são denominados por ele sentido absoluto, sentido disciplinar, sentido dialético e sentido procedimental (em inglês *procedural*, podendo ser traduzido por metodológico ou instrumental). Vamos apresentar brevemente a exposição que Megill faz de cada um deles.

O primeiro sentido é o que ele denomina ‘sentido absoluto’ ou ‘filosófico’. Esse sentido deriva, segundo Megill, do ideal de descrever a realidade tal como ela é. Esse seria um sentido ontológico de objetividade, que tem como consequência epistemológica a convergência do conhecimento em direção à realidade, tendo como ideal sua descrição a mais fiel possível. Disso derivou o que Megill (1994, p. 3) afirma ser considerado como o problema da objetividade na Filosofia do século XX: a justificação das afirmações sobre como a realidade é em si. Em uma variação desse sentido, trata-se de investigar a objetividade possível nessa descrição da realidade, mas não necessariamente tal qual ela é; essa tentativa de descrição pode ser comparada com a maneira pela qual a realidade se nos apresenta. Megill (1994, p. 2) afirma que Kant, na *Crítica da Razão Pura*, [1787], foi o primeiro a discutir a objetividade nesse sentido. No sentido kantiano, a realidade ‘em si’ não pode ser conhecida, sendo acessível ao nosso conhecimento somente a realidade empírica, ou dos fenômenos¹⁶.

Se entendermos a objetividade científica nesse sentido absoluto em ambas as vertentes poderemos identificar dois pressupostos: realismo científico e verdade correspondencial. Para as duas, a Ciência procura retratar a realidade e, se nisso tiver sucesso, há objetividade. Pode-se identificar essa posição com o realismo científico. Segundo Dutra, um realista científico aceita que uma teoria científica é um “relato aproximadamente verdadeiro de como o mundo é” (DUTRA, 1998, p. 30)¹⁷; o uso do termo ‘aproximadamente’ se deve à crença do realista de que este relato pode não ser ainda completamente fiel. A diferença entre as duas vertentes, no entanto, está em que a primeira refere-se à realidade ‘em si’ e a segunda à chamada ‘realidade empírica’, em que teríamos acesso somente ao que nos aparece como fenômeno. A

¹⁶ Kant apresenta essa ideia em Kant, [1787], Prefácio à 2ª edição.

¹⁷ Em Pessoa Jr., 2003, pp. 100-101, há também uma breve discussão sobre o realismo científico.

segunda vertente desse sentido absoluto de objetividade, portanto, considera apenas nosso conhecimento da realidade empírica, não importando se a representação será fiel à forma como a realidade supostamente é ‘em si’.

Segundo Pessoa Jr. (2003, p. 102), para o realismo científico as proposições das teorias têm ‘valor de verdade’. A pretensa correspondência com a realidade indica um sentido correspondentista de verdade. Segundo Da Costa, a concepção tradicional de correspondência “mantém que uma sentença [...] é verdadeira caso reflita o real, retrate aquilo que é; se isto não se der, ela é falsa” (DA COSTA, 1999, p. 118). Logo, ambas as vertentes do sentido tradicional estão comprometidas com esse sentido correspondentista de verdade.

Além dos pressupostos realista (científico) e correspondentista quanto à verdade, descritos conforme acima, o sentido absoluto de objetividade está atrelado a uma noção de racionalidade concebida como universal, no sentido de que todo ser humano raciocinaria exatamente da mesma forma, nas condições adequadas e sob as mesmas circunstâncias. A objetividade, nesse sentido, seria característica dos conhecimentos que não podem ser postos em dúvida pelos seres racionais, após uma investigação satisfatória¹⁸. Segundo Megill (1994, pp. 4-5), o segundo sentido da objetividade surge porque o absoluto torna-se insustentável, justamente em virtude de atribuir esse caráter universal à racionalidade.

Megill (1994, p. 5) denomina o segundo sentido de ‘disciplinar’. Nele, permaneceria ainda um ideal de aproximação à realidade, e esta seria a principal meta da Ciência. No entanto, o caráter de universalidade é afrouxado, dando lugar a uma divisão por áreas, ou disciplinas. Para Megill, os autores que falam em objetividade nesse sentido entendem que há um consenso de uma comunidade científica particular como padrão de objetividade. Pode-se dizer que seria algo semelhante a um ‘acordo intersubjetivo’¹⁹. Isto é, os cientistas, conforme a disciplina a que se dedicam, estariam aptos para decidir

¹⁸ O tema da racionalidade tem estreita ligação com o da objetividade. No entanto, escolhemos não explorá-lo neste trabalho, por darmos ênfase a outras problemáticas. Nicholas Rescher é exemplo de um autor que abordou o tema da objetividade pela via da racionalidade em Rescher (1997).

¹⁹ Ao mencionar o ‘acordo intersubjetivo’, não se pode deixar de citar um de seus defensores mais incisivos: Karl Popper. A discussão das ideias de Popper não é nossa intenção neste trabalho, mas vale lembrar a defesa do ‘acordo intersubjetivo’ que faz em Popper (1934), pp. 46-50. Em Feigl (1967), o autor também expressa sua opção pela noção de ‘acordo intersubjetivo’, quando se trata de objetividade.

sobre a objetividade de sua prática e dos conhecimentos relativos a essa área. Megill destaca um ponto negativo em se caracterizar a objetividade nesse sentido: essa caracterização pode fazer surgirem disputas entre áreas do conhecimento, cujas divisões são meramente artificiais, ele afirma.

Megill destaca o papel da subjetividade nesses dois primeiros sentidos. O autor afirma que “uma característica marcante de ambas, objetividade absoluta e disciplinar, é sua relação negativa com a subjetividade.” (MEGILL, 1994, p.7). Segundo ele, no sentido absoluto a subjetividade é renegada, enquanto que no sentido disciplinar se pretende contê-la.

Em um terceiro sentido, o ‘dialético’, a subjetividade é, no entanto, considerada fundamental para a determinação da objetividade. Segundo essa abordagem, o objeto seria construído²⁰ em uma interação com o sujeito. Logo, não haveria maneira de afastar a subjetividade; ela está presente desde o início. Sendo o objeto constituído através dessa inter-relação, nesse sentido, a objetividade pode ser encontrada numa relação sujeito/objeto. No sentido dialético, portanto, ao contrário do que ocorre nos sentidos absoluto e disciplinar, há espaço para a subjetividade na caracterização da objetividade. Megill (1994, p. 10) ainda sugere que o sentido dialético sugere ação, enquanto que os dois anteriores sugerem contemplação, o que leva a crer que estariam de fato mais próximos de uma concepção dualista e contemplativa da realidade e do conhecimento.

Um quarto sentido discutido por Megill pode ser denominado de ‘instrumental’. Segundo esse sentido, a objetividade residiria em utilizar métodos e procedimentos impessoais na busca do conhecimento científico. A subjetividade deve ser afastada, no que diz respeito a preconceitos e inclinações pessoais, o máximo possível, o que poderia ser conseguido privilegiando a utilização de instrumentos e máquinas que substituem o homem em muitos processos, além de métodos de investigação impessoais. Segundo Megill (1994, p. 11), o sentido instrumental usa os meios do absoluto – impessoalidade – mas é agnóstico quanto aos seus fins – perseguição da verdade. Também

²⁰ Apesar do uso do termo ‘construção’, não pretendemos nos comprometer com teses chamadas construtivistas. O que Megill sugere é que o objeto da Ciência não é destituído da influência do sujeito que conhece, sendo de certa maneira fabricado. Falaremos mais sobre o uso do termo quando abordarmos as ideias de Schrödinger sobre o que chamamos de construção dos objetos do cotidiano, na seção 3.2.

admite subjetividade, mas trata-se de um sujeito estandardizado – racionalidade universal – diferindo assim do disciplinar²¹.

Identificamos a maneira tradicional de conceber a objetividade científica, a que nos referimos nesta dissertação, principalmente com o sentido absoluto de objetividade, sobre o qual fala Alan Megill. Vamos, no entanto, na próxima seção, caracterizar devidamente o que estamos denominando noção tradicional de objetividade em nossa exposição. Será essa forma de conceber a objetividade que defenderemos necessitar de revisão, tendo em vista a análise que faremos das questões provenientes da Física Quântica.

1.2. A noção tradicional de objetividade científica



Sidney Harris,
A Ciência Ri.

Alberto Cupani caracteriza, em seu texto “Objetividade científica: noção e questionamentos”, de (1990), o que entende por noção

²¹ Megill cogita a possibilidade de ver a objetividade em Kant em um sentido parecido com esse, tendo em vista o papel que a subjetividade epistêmica assume em suas ideias.

tradicional de objetividade científica. Faremos, a seguir, uma breve exposição dessa caracterização.

O seguinte trecho parece condensar as ideias presentes nessa noção:

“Entendida como conquista teórica da realidade em si mesma e correspondente superação das limitações subjetivas, a objetividade foi vista tradicionalmente como essência da Ciência, razão de sua potência cognitiva e resultado de sua desvinculação de interesses ou compromissos outros que a busca da verdade” (CUPANI, 1990, p. 25).

Nessa frase, Cupani está aludindo, pelo menos, a duas características importantes da noção tradicional: o ideal de refletir a realidade tal como ela é, ou adequação ao objeto, e a rejeição da subjetividade. Como vimos na seção anterior, essas são características que Megill sustenta haver no sentido que ele denomina ‘absoluto’ para a objetividade. Como veremos ao longo desta seção, no entanto, não nos bastaria tomar a objetividade no sentido absoluto como representante da concepção tradicional. Precisamos elencar uma noção mais ampla, que envolva também outras características, inclusive presentes em outros sentidos de Megill. Sendo assim, a caracterização mais abrangente de Cupani parece servir melhor aos nossos propósitos.

Para Cupani, a objetividade foi, outrora, uma característica muito louvada da Ciência. Essa mesma qualidade tem sido cada vez mais criticada; contudo, essas críticas se referem, em geral, a um conceito vago, sem definição precisa. Torna-se necessário revisar essa noção. Principalmente diante dos problemas levantados pelas Ciências Humanas, é lícito, segundo Cupani (1990, p. 26), perguntarmos hoje sobre a possibilidade de se afirmar que a Ciência é ‘objetiva’.

A visão tradicionalmente difundida, principalmente na Filosofia, é a de que a Ciência é um saber objetivo, por excelência. Comprovando esse fato, Cupani cita a definição de Ciência que consta de um Vocabulário Filosófico de 1932, em que fica claro o ideal de adequação ao objeto pesquisado na maneira tradicional de conceber a Ciência:

“Conjunto de conhecimentos e investigações que têm um grau suficiente de unidade, de generalidade, e suscetíveis de conduzir os homens que a eles se consagram, a conclusões

concordantes que não resultam nem de convenções arbitrárias, nem de gostos ou interesses individuais que lhes são comuns, senão de relações objetivas que se descobrem gradualmente, e que se confirmam por métodos de verificação definidos” (LALANDE, 1932, vol. I p. 83, apud CUPANI, 1990, p. 27).

Por resultar de pesquisas em que se alcançou de fato esse objeto, que seria a realidade, o conhecimento produzido pela Ciência seria considerado o saber verdadeiro, em sentido correspondentista.

Pode-se dizer que essa ideia é amplamente aceita especialmente a respeito das Ciências Naturais, em que os cientistas formulariam suas teorias e as comprovariam através de experimentos. Não haveria gostos ou interesses pessoais envolvidos. A objetividade, desse modo, deveria ser assegurada através do acordo intersubjetivo. Isto é, a fiscalização de muitos cientistas que, utilizando-se de métodos impessoais que pudessem ser seguidos por todos os seus pares, garantiria a ‘validade’ dos conhecimentos resultantes da atividade científica.

Uma das implicações mais importantes para essa noção, segundo Cupani (1990, p. 28), é justamente essa pretensão de validade universal dos conhecimentos obtidos pela Ciência. Entende-se aí a validade como comprovação da adequação ao objeto. Isto é, o conhecimento produzido pela Ciência seria considerado válido caso se constatasse a correspondência de enunciados que o representam – enunciados de uma teoria, por exemplo – com a realidade. É por essa razão que o acordo intersubjetivo tem um papel tão importante dentro dessa noção: a validade somente poderia ser garantida diante do julgamento de vários cientistas. Note-se que neste ponto a caracterização da noção tradicional já extrapola o sentido absoluto de Megill. No sentido disciplinar, por exemplo, o acordo intersubjetivo também fundamentaria a objetividade.

Além do disciplinar, enquadra-se nessa caracterização o sentido instrumental, uma vez que atribui aos métodos impessoais e confiança na aparelhagem experimental a garantia de objetividade na Ciência²². O único dentre os sentidos de Megill que parece escapar de ser identificado com a noção tradicional, tal como apresentada por Cupani,

²² Apesar disso, é possível pensar em uma variação desse sentido que não desconsiderasse totalmente a subjetividade e que não fosse atrelada à verdade correspondencial. Acreditamos que a proposta de Joseph Hanna, da qual falaremos brevemente nas conclusões desta dissertação, mescla elementos dos sentidos ‘instrumental’ e ‘dialético’.

é o dialético. O motivo nos parece facilmente identificável: o papel legado à subjetividade em cada um deles.

A noção tradicional está claramente atrelada ao afastamento da subjetividade. Não considera a presença da subjetividade no processo que se pode chamar de construção do objeto da Ciência. Para essa noção, a construção do objeto não faria sentido, pois este já estaria pronto e acabado. O ato de conhecer não o modificaria de nenhuma forma. No entanto, é possível defender que é fundamental refletir sobre como o objeto da Ciência é construído, para que se possa adentrar a discussão da objetividade.

Megill (1994, pp. 8-10) comenta sobre um autor que compartilha dessa ideia. Trata-se do antropólogo Johannes Fabian, autor do artigo intitulado “Ethnographic Objectivity Revisited: from Rigor to Vigor”, que figura na coletânea editada por Megill. Fabian afirma que a objetividade é uma característica do processo de produção do conhecimento, que envolve, necessariamente, ‘fazer objetos’, ou ‘objetificação’. Para Fabian (1994), essa questão epistemológica relevante, sobre como o objeto de investigação é produzido, vem sendo desprezada na discussão sobre objetividade científica, especialmente na Etnografia. Consideramos que o mesmo vale para a Física: é necessário pensar sobre como o seu objeto é construído, em especial diante das questões motivadas pela Física Quântica.

Fabian trabalha ao longo desse texto com uma proposta de objetividade para a etnografia, principal forma, segundo ele, de coleta de dados na antropologia. O aspecto principal de sua proposta é a ênfase na ação, na relação entre o pesquisador e o ‘objeto’ pesquisado – uma cultura, um povo, uma comunidade de pessoas. Segundo ele, é preciso dar mais valor aos conhecimentos ‘performativos’ de um povo, aqueles que não são passíveis de serem colocados em forma de informação, especialmente escrita, ou mesmo oral. Para isso é fundamental que o pesquisador passe tempo com o objeto e faça as mesmas atividades que ele. O ponto fundamental é mudar o olhar unilateral do pesquisador, e considerar não como incômoda, mas como fundamental a interação entre o conhecedor e o objeto conhecido.

Pode-se dizer, então, que a problemática da objetividade não pode ser afastada da questão epistemológica a respeito da construção do objeto da Ciência. Em se tratando dessa questão, a distinção sujeito/objeto está fortemente arraigada à noção tradicional de objetividade. O mesmo ocorre com a distinção fatos/teorias. Antes de

procurar uma noção mais adequada de objetividade, portanto, é preciso buscar uma tese epistemológica que fale mais adequadamente da construção²³ dos objetos da Ciência, o que faremos abordando as ideias de Schrödinger.

Em tempo, gostaríamos de salientar o normativismo implicado por esse modo tradicional de entender a objetividade. Segundo Cupani, “a objetividade assim concebida tem caráter *normativo*: refere-se a como a Ciência *deve* ser cultivada para ser eficaz.” (CUPANI, 1990, p. 29, grifos do autor). Por mais que essa eficácia seja vista como um ideal, em geral os defensores dessas propostas creem que ele pode e deve ser alcançado em alguma medida.

O normativismo presente nessa noção pode ser identificado através da ênfase no que a Ciência ‘deveria’ fazer para ser objetiva. Deveria tentar descrever, cada vez melhor, a natureza, ou a realidade. Portanto, esse tipo de visão da objetividade científica pretende ditar normas à Ciência, impondo que se essas não forem seguidas pelos indivíduos envolvidos na prática científica, eles não estarão fazendo Ciência, ou pelo menos, não de maneira correta. Isso acaba funcionando também como um critério de demarcação entre o que é e o que não é considerado Ciência. Acreditamos, no entanto, que seria um critério bastante artificial, pois primeiro define o que deve ser Ciência e depois exclui o que não segue as normas previstas. O problema da demarcação parece muito mais complexo, não podendo ser resolvido dessa maneira.

Ao finalizar seu texto, Cupani (1990, p. 51) esclarece que não parece haver razões para o abandono da noção tradicional, por não haver um bom substituto para ela. Sugere cautela se for respeitá-la – a mesma de quando algo é suspeito, mas não com motivos fortes o suficiente para ser considerado errôneo. Especialmente, ele não sugere se abandonar o conceito de objetividade. Acreditamos que reflexões como as que desenvolvemos neste trabalho podem contribuir para fundamentar melhor os motivos dessa suspeita, e quem sabe para a busca por esse substituto, sem abandonar um conceito de objetividade, em algum sentido.

²³ Mais uma vez, gostaríamos de salientar que não pretendemos nos comprometer com nenhuma forma pré-estabelecida de construtivismo filosófico nesta dissertação. Tampouco queremos comprometer Schrödinger com esse rótulo, apesar das comparações que podem ser feitas com algumas formas de construtivismo, como o de Piaget (cf. BEN-MENAHEM, 1992). O sentido que daremos ao termo ‘construção’ será oportunamente indicado ao apresentarmos as ideias de Schrödinger, no capítulo 3.

1.3. As distinções e a noção tradicional de objetividade

Para a noção tradicional de objetividade, portanto, o objeto da Ciência seria independente do sujeito e mais bem estudado quanto maior fosse o afastamento da subjetividade. Esse objeto também não teria influência das teorias usadas como pano de fundo para o seu estudo. Esses objetos fariam parte de uma realidade independente do sujeito e das teorias, realidade esta que deveria ser alcançada, ou descoberta, visando à obtenção de conhecimento objetivo.

Como nesta concepção tradicional de objetividade, as distinções mencionadas parecem andar juntas na Filosofia da Ciência. Poderíamos questionar se esse fato é necessário, no entanto. Seria possível a não-distinção fatos/teorias coexistir com a distinção sujeito/objeto²⁴?

O caso da Mecânica Quântica parece alimentar essa dúvida. Como veremos com mais detalhes no capítulo seguinte, a sugestão da não-distinção fatos/teorias é muito forte na análise dos experimentos quânticos, enquanto que a distinção sujeito/objeto parece não se abalar de maneira tão gritante, dependendo da interpretação. Como ficará mais claro após a exposição do capítulo seguinte, isso é apenas aparência. De fato, segundo a atitude que adotamos neste trabalho, nenhuma das duas distinções pode manter-se na análise feita pela Filosofia da Ciência. Se o filósofo observa a História da prática científica, especialmente no caso da Física Quântica, não pode deixar de notar que o rompimento com essas distinções pode não ser uma unanimidade, em meio às controvérsias entre os cientistas, mas é cogitado por uma parte significativa da comunidade científica.

O questionamento da distinção fatos/teorias implica a aceitação de que o objeto da Ciência não é independente das teorias científicas. Pode-se defender que há um contínuo de influência recíproca; as teorias não são independentes dos fatos, pois são criadas para explicá-los²⁵. Ao

²⁴ Popper (1967) defendeu de certa forma essa coexistência, quando afirmou que a teoria influencia os experimentos, mas o sujeito não.

²⁵ Vale citar aqui o conhecido problema da subdeterminação das teorias pelos fatos, ou evidências. Costuma-se aludir, como um argumento contra o realismo científico, a que pode haver mais de uma teoria que explique satisfatoriamente os fatos, e por isso não haveria como decidir qual delas é verdadeira. Neste texto, citamos o caso das interpretações da Teoria Quântica, que serve como exemplo desse problema. Apesar disso, dificilmente se questiona que as teorias são elaboradas com base em fatos ou evidências. É o sentido inverso, o da influência das teorias sobre os fatos, que pretendemos ressaltar. Por isso, não vamos nos aprofundar na discussão desse problema. Uma exposição acerca desse e outros argumentos contra e a favor do realismo científico encontra-se em French, [2007], cap. 7.

mesmo tempo, os fatos são criados, de certa maneira, pelas teorias, já que elas determinam até mesmo o que conta como um fato. As ideias de Schrödinger acerca da construção dos objetos da Ciência apontam nessa direção. Também faz sentido falar em influência recíproca do objeto da Ciência e dos sujeitos, cientistas, em virtude da influência direta no manuseio da aparelhagem experimental e na sua construção. Este ponto é discutido por Schrödinger em alguns textos, e pretendemos explorá-lo na seção **4.2.** desta dissertação. Ademais, como veremos no capítulo **3,** após a exposição do que Schrödinger chamou ‘princípio da objetivação’, na seção **3.2.,** pode-se defender que essas distinções são artificiais, ou metodológicas.

Apresentaremos ainda dois exemplos de filósofos que, ao que tudo indica, em algum momento compartilharam dessa noção tradicional de objetividade científica. Certamente não pretendemos esgotar a análise de suas obras, no entanto. Como dissemos na introdução desta dissertação, nossa intenção é apenas apresentá-los como exemplos de autores que defenderam tais pontos de vista, ao menos nos textos aqui citados.

O primeiro exemplo que gostaríamos de citar é Ernest Nagel. Em “Ciência: Natureza e Objetivo”, Nagel afirma que

“o fim específico da Ciência é, portanto, a descoberta e a formulação, em termos gerais, das condições sob as quais ocorrem os diversos tipos de acontecimento, servindo os enunciados generalizados dessas condições determinantes como explicações dos fatos correspondentes” (NAGEL, [1967], p. 23).

Essa passagem sugere que, para Nagel, a Ciência teria o objetivo de descobrir fatos que ocorrem na natureza, explicando-os e aprimorando cada vez mais o conhecimento a respeito desses fatos. Ou seja, os fatos se encontrariam na natureza, como que prontos para serem descobertos. No mesmo texto, afirma que a objetividade da Ciência decorre da constante crítica entre os cientistas, o que sugere uma noção de objetividade como acordo intersubjetivo, entretanto ainda vinculada ao dogma da distinção fatos/teorias. O cientista “é membro de uma comunidade intelectual destinada à perseguição da verdade” (NAGEL, [1967], p. 19); como tal, cada cientista buscaria a verdade, que, para

Nagel, parece ser independente da teoria formulada para investigar os fatos.

Vamos a outro exemplo, advindo de um texto quase contemporâneo a esse de Nagel. Mario Bunge, em *La Investigación Científica* (1969, cap. 1), apresenta uma descrição que se aproxima em alguns pontos às de Nagel e Feigl, tocando mais especificamente no tema da objetividade científica. Ele afirma que ‘Ciência’ é algo que vai muito além do conhecimento comum, havendo uma descontinuidade essencial entre ambos, mas tanto o senso comum quanto o conhecimento científico teriam a objetividade em comum: “Efetivamente, tanto o senso comum são quanto a Ciência aspiram a ser *racionais e objetivos*: são críticos e aspiram à coerência (racionalidade), e intentam adaptar-se aos fatos em vez de permitirem-se especulações sem controle (objetividade)” (BUNGE, 1969, p.20). Nesse trecho ele deixa claro o que entende por objetividade: adaptação aos fatos. Mas ele fala também de um ideal de objetividade, pois a adaptação perfeita aos fatos não é possível para ele. No entanto, é necessário conceber objetos independentes dos sujeitos para perseguir esse ideal:

“E o ideal da objetividade — a saber, a construção de imagens da realidade que sejam verdadeiras e impessoais — não pode concretizar-se senão ultrapassando os estreitos limites da vida cotidiana e da experiência privada, abandonando o ponto de vista antropocêntrico, formulando a hipótese da existência de objetos físicos para além de nossas pobres e caóticas impressões, e contrastando tais suposições por meio da experiência intersubjetiva (transpessoal) planejada e interpretada com a ajuda de teorias” (BUNGE, 1969, p.20-1).

Apesar de admitir essa influência das teorias, Bunge delega ao plano ‘intersubjetivo’ a concordância com relação à existência desses objetos. A influência das teorias só é decisiva, no entanto, no estabelecimento do método científico, que não é independente de conhecimento prévio.

É quando se refere às diferenças entre Ciências Factuais e Ciências Formais que Bunge deixa clara sua concepção quanto à objetividade na Ciência. Ele afirma:

“[as Ciências Formais] aperfeiçoam-se, constantemente, em seus próprios contextos formais — mas não como resultado de algum esforço por intentar que concordem melhor com os fatos; portanto, não com os mesmos métodos especiais da Ciência Factual.” (BUNGE, 1969, p.40).

Fazer as teorias concordarem melhor com os fatos, melhorar nosso conhecimento dos fatos no mundo, esse seria o objetivo da Ciência. Bunge (1969, p.44-5) admite, porém, que uma descrição completa nunca seria possível, e diz que a Ciência deve ater-se a descobrir e descrever leis científicas sobre os fatos. Mas todo o esforço da Ciência seria em direção à verdade – ela construiria estruturas cada vez mais adequadas, cada vez mais ‘verdadeiras’, conseguindo isso através do método científico.

Por último, gostaríamos de citar como exemplo Herbert Feigl. Em seu texto “A visão ortodoxa de teorias: comentários para defesa assim como para crítica”, de 1970, Feigl explica brevemente o que seria a ‘visão ortodoxa’. Feigl, nesse artigo, repensa algumas das propostas da visão ortodoxa, mas reforça outras, salientando que não aceita que as observações possam ser consideradas, de início, contaminadas pela teoria. Vale salientar que essa visão vinha sendo defendida por ele desde 1949²⁶, tendo o autor insistido em mantê-la até 1970. Em resposta a críticas de Feyerabend, Feigl afirma:

“continuo convencido de que, no teste de uma nova teoria, a linguagem observacional relevante não deve ser contaminada por esta teoria; nem é necessário que haja uma teoria alternativa competidora. Se ele asseverar que, na maioria dos casos de teste empírico, há pressuposições de um caráter teórico penetrante, eu argumentaria que essas pressuposições penetrantes (...) são teóricas somente de um ponto de vista epistemológico profundo” (FEIGL, [1970], p. 10).

Embora não façamos uma análise mais apurada do texto de Feigl, é possível afirmar que esse trecho indica que, para ele, os fatos podem

²⁶ Nos referimos ao texto Feigl (1949), o qual é citado por ele próprio em 1970.

ser considerados independentes da teoria que se tenha como pano de fundo.

Então, como pudemos notar, nos três exemplos de autores que citamos como representantes da noção tradicional de objetividade, a distinção fatos/teorias está presente, nos trechos aqui analisados, em maior ou menor grau. A distinção sujeito/objeto foi enfatizada no trecho de Bunge, mas também poderíamos dizer que a própria noção de objeto a ser descoberto, independente do sujeito, portanto, é indício dessa distinção em Nagel.

Consideramos o comprometimento com a pressuposição dessas distinções a principal razão de incompatibilidade da objetividade como tradicionalmente concebida com os questionamentos oriundos da Física Quântica. Além do normativismo presente nessa noção, sobre o qual já comentamos. A seguir, apresentando algumas das características consideradas fundamentais na Física Quântica, procuraremos expor os motivos pelos quais acreditamos que uma Filosofia da Ciência que atente para o seu aparecimento na Física precisaria repensar a objetividade tradicional conforme caracterizada aqui.

2. FÍSICA QUÂNTICA

“Não é, com efeito, empresa fácil transmitir e explicar o que pretendemos, porque as coisas novas são sempre compreendidas em analogia com as antigas.”

Francis Bacon,
Novum Organum.

2.1. Física Quântica e questionamentos filosóficos

Os desenvolvimentos da Física Quântica, em especial no início do século XX, propiciaram vários questionamentos, tanto do ponto de vista da Física quanto da Filosofia. Segundo Reichenbach, no prefácio de seu livro *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*, “suas implicações [da Mecânica Quântica] incluem [...] uma revisão das ideias filosóficas sobre a existência de objetos observáveis, dos próprios princípios da lógica e alcança profundamente os fundamentos da teoria do conhecimento” (REICHENBACH, [1944], p. v). Fisicamente, os resultados surpreendentes de alguns experimentos levaram muitos cientistas a repensar as teorias vigentes sobre a luz e a composição da matéria. Alguns deles, também com preocupações filosóficas, ainda influenciaram a própria Filosofia da Ciência²⁷. Neste capítulo, não pretendemos falar de um deles, mas sim do efeito peculiar que parece ter havido na Física em virtude da proliferação de diferentes visões filosóficas entre eles e outros cientistas depois deles. Também temos o intuito de discutir por que esses questionamentos surgem e em que sentido é possível dizer que eles constituem problemas importantes para a Filosofia da Ciência. Para isso, faremos uma exposição breve de algumas questões centrais na Física Quântica, relacionando-as com certos dogmas da Filosofia da Ciência tradicional.

A referência básica utilizada para a exposição aqui realizada sobre as características quânticas mais amplamente aceitas, bem como outros conceitos fundamentais sobre o que atualmente se conhece como Mecânica Quântica não-relativística, é o livro *Conceitos de Física Quântica*, de Osvaldo Pessoa Jr (2003). Os detalhes técnicos

²⁷ Além de Schrödinger, Werner Heisenberg é outro exemplo de ‘cientista-filósofo’. Uma de suas principais obras com pretensões filosóficas é Heisenberg, [1958].

experimentais e formais da teoria serão omitidos, exceto por algumas equações que consideramos importantes para a maior clareza da exposição. Explicaremos também alguns experimentos, procurando na medida do possível não distorcê-los com o uso de uma linguagem mais informal, em certo sentido, que a da Física ou da Matemática²⁸.

As características de que trataremos a seguir são algumas das mais intrigantes da Física Quântica, não só para os físicos que estiveram envolvidos em seu desenvolvimento inicial, mas também para cientistas e filósofos até hoje. O desenvolvimento histórico dessa parte da Física é sem dúvida um tema bastante interessante e enriquecedor²⁹, mas também repleto de detalhes complexos; tratá-lo aqui excederia os propósitos dessa exposição. Mesmo diante das controvérsias interpretativas da Física Quântica, procuraremos, por ora, nos ater às características amplamente aceitas, que correspondem basicamente às teses difundidas pela ‘Interpretação de Copenhague’, de que Bohr e Heisenberg podem ser considerados os principais representantes³⁰.

É importante salientar que, já à época do desenvolvimento inicial da Mecânica Quântica, não havia total acordo entre os cientistas, a respeito de diversos aspectos. O próprio Bohr, convidado a relatar no congresso de Solvay, em 1927, a situação em que a Física Quântica se encontrava à época, diz que procuraria descrever a “tendência geral do desenvolvimento da teoria desde os seus primórdios”, esperando que isso fosse “útil para harmonizar as concepções aparentemente conflitantes adotadas por diferentes cientistas” (BOHR, [1928], p. 135). A abordagem de algumas dessas divergências poderia contribuir com essa discussão; no entanto, acreditamos que, para a análise que pretendemos fazer, é mais fundamental atentar para o cenário geral da Física Quântica à época. Não é nosso intuito investigar aqui sobre a maior ou menor adequação de uma ou outra dessas correntes de interpretação da Física Quântica.

²⁸ Para uma introdução ao formalismo da Mecânica Quântica, recomendamos Pessoa Jr. (2003). Há ainda o texto de Isham (1995), além do próprio texto precursor de Von Neumann, [1932], mais ‘densos’, que são notoriamente boas referências, embora não tenham sido utilizados para a confecção deste trabalho, em virtude da natureza das questões envolvidas.

²⁹ Uma abordagem histórica à Física Quântica, que não é exaustiva em detalhes técnicos, mas abrangente quanto às controvérsias entre os físicos, pode ser encontrada em Wick (1995). Em Heisenberg, [1958], também há uma breve exposição sobre a História da Física Quântica, no capítulo 2.

³⁰ Em Pessoa Jr. (2003) há um resumo dessa posição, das páginas 96 a 98. Para uma explanação do ponto de vista de um dos defensores dessa posição, ver Heisenberg, [1958], cap. 3.

A questão relativa às ‘interpretações’ da Teoria Quântica³¹ é das mais controversas. Por essa razão, não temos o intuito de aprofundar o tema, servindo este apenas como uma das motivações que apresentaremos neste trabalho no sentido de se repensar o conceito tradicional de objetividade científica. Acreditamos que essa problemática tenha implicações importantes para o tema da objetividade, sendo nossa intenção explorá-las em outra oportunidade, em que talvez os resultados da discussão que fazemos nesta dissertação sejam úteis. Faremos somente uma breve introdução ao tema, que será tratado também em na seção **2.7.**, mais adiante neste capítulo.

Diante de certos resultados intrigantes nos experimentos quânticos, surgiram algumas correntes procurando explicá-los, utilizando-se de diferentes pressupostos ontológicos – sobre a natureza das entidades envolvidas no processo – e epistemológicos – sobre nosso conhecimento dessas entidades. Podemos chamar essas correntes explicativas de ‘interpretações’³². Segundo Pessoa Jr.

“cada uma dessas interpretações é internamente consistente e, de modo geral, consistente com experimentos quânticos. Usamos a noção de interpretação como significando um conjunto de teses que se agrega ao formalismo mínimo de uma teoria científica, e que em nada afeta as previsões observacionais da teoria.” (PESSOA JR., 2003, p. 4).

Pode-se dizer, então, que as interpretações são maneiras diferentes, ontológica e epistemologicamente, de explicar os mesmos experimentos. Além disso, a maioria das interpretações utiliza-se do mesmo formalismo matemático mínimo. Pretendemos, neste trabalho, fornecer evidência de que o surgimento dessas diversas interpretações sugere que a distinção fatos/teorias é artificial, pois implica que, considerando as interpretações como parte integrante da Teoria, esta não leva a um conjunto único de fatos. Logo, os diferentes conjuntos de fatos são ‘modelados’, por assim dizer, pelas particulares interpretações

³¹ Uma boa referência sobre interpretações da Mecânica Quântica, embora pouco utilizada neste trabalho em virtude de nosso recorte, é Jammer (1974).

³² Essa noção de interpretação é diferente do que se entende por interpretação, tradicionalmente, na Filosofia da Ciência. Abordaremos essa diferença na seção **2.7.** deste trabalho.

da Teoria. Somente de maneira artificial, para fins metodológicos, portanto, é que se poderia introduzir essa distinção. Discutiremos mais a esse respeito na seção 2.7.

Como se pode notar, a questão das interpretações da Teoria Quântica é outro ponto em que se poderia insistir para frisar a importância da revisão de certos conceitos da Filosofia tradicional, especialmente o da objetividade. Apresentaremos a seguir alguns outros pontos controversos provenientes da Mecânica Quântica os quais foram – e ainda são – capazes de suscitar questionamentos filosóficos.

2.2. Dualidade onda-partícula



“Aqui em cima, a luz não é onda nem partícula. É um líquido.”

Sidney Harris,
A Ciência Ri.

Pode-se dizer que uma das principais características da Física Quântica é a chamada dualidade onda-partícula. Segundo Osvaldo Pessoa Jr., a dualidade consiste em atribuir “para qualquer partícula individual, aspectos ondulatórios, e para qualquer forma de radiação, aspectos corpusculares” (PESSOA JR., 2003, p. 1). Ou seja, a teoria

atribui, por vezes, manifestações típicas de ondas a partículas e vice-versa. O termo ‘dualidade’, portanto, sugere um ‘comportamento dual’, metaforicamente falando. Pretendemos expor resumidamente, mais adiante, um experimento em que é evidenciada a dualidade onda-partícula: o experimento das duas fendas.

Antes disso, vamos refletir um pouco mais sobre esse caráter dual. Segundo Reichenbach ([1944], p. 21), a própria História das teorias da luz e da matéria mostra uma luta constante entre interpretações corpusculares e ondulatórias. Mas por que essa dualidade foi considerada um problema físico, ou uma anomalia, que ajudou uma nova teoria a se desenvolver?

O fato é que, para a Física Clássica³³, aceitar essa dualidade é algo problemático. Atribuí-la a certas entidades poderia resultar em contradição, já que ‘partícula’ e ‘onda’, tais como são definidas na Física Clássica, têm características contraditórias. Uma partícula é caracterizada basicamente como sendo indivisa (não se divide em condições normais) e descrevendo uma trajetória bem definida no decorrer do tempo. Já as ondas são caracterizadas como perturbações em um meio, não permanecendo em um só ponto de cada vez, como as partículas, que seriam discretas, mas se espalhando no espaço, de maneira contínua. Não são, portanto, indivisas, além de exibirem fenômenos típicos, tais como a interferência. A interferência pode ser construtiva – quando as ondas que se encontram se somam, ou destrutiva – quando esse encontro resulta em anulação da perturbação.

Mas os experimentos feitos durante o desenvolvimento da Física Quântica mostraram resultados curiosos. Segundo Reichenbach (Ibid.), Einstein mostrou que raios de luz se ‘comportavam’, sob muitos aspectos, como partículas e Schrödinger desenvolveu ideias segundo as quais partículas seriam acompanhadas por ondas. Ainda conforme Reichenbach ([1944], p. 22), os físicos estariam diante de um dilema: dois conceitos contraditórios apareciam como igualmente demonstráveis.

As chamadas ‘versões’ do princípio da dualidade onda-partícula foram estabelecidas procurando promover a conciliação dessas características. Há basicamente duas maneiras de enunciar esse

³³ É difícil definir o que se entende por Física Clássica; em geral, físicos e filósofos não o fazem em seus textos. Pode-se dizer, no entanto, que há um consenso de que a Física Clássica envolve a Física Newtoniana mais a Teoria Eletromagnética de Maxwell. Deixando de lado uma classificação rígida, ressaltaremos sempre as diferenças entre o que chamamos de Física Clássica para com a Física Quântica, ponto que nos interessa neste trabalho.

princípio: a chamada ‘versão forte’, elaborada por Niels Bohr³⁴, e a ‘versão fraca’, da qual trataremos mais longamente. Mais adiante, na seção seguinte, falaremos um pouco mais da versão forte de Bohr. Em Pessoa Jr. (2003, p. 2), vemos que a versão fraca procura conciliar interferência, típica de ondas, e indivisibilidade, típica de partículas. Por evidenciar essa dualidade, o experimento das duas fendas mostrou-se central no desenvolvimento da Física Quântica, podendo ser visto como inspiração experimental para o estabelecimento do princípio.

2.3. O Experimento das Duas Fendas para a luz

Apresentado na literatura em diferentes versões³⁵, o experimento das duas fendas para a luz pode ser esquematizado da forma que segue:

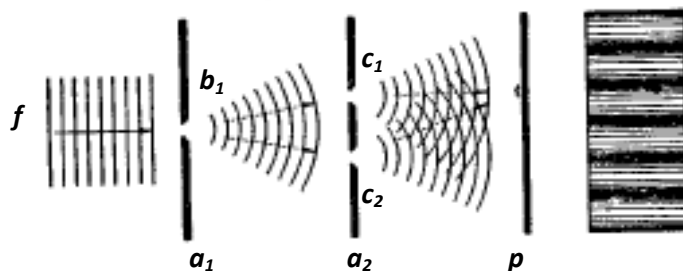


Fig. 1 – Esquema de uma versão do experimento das duas fendas³⁶.

Na Figura 1 tem-se, à esquerda, uma fonte f de luz, muito tênue. Ligeiramente à direita de f , há um anteparo a_1 , com uma abertura central b_1 . Ligeiramente à direita do anteparo a_1 , há outro anteparo a_2 , com duas aberturas c_1 e c_2 . Um pouco mais à direita de a_2 , está uma ‘placa detectora’, chamada de p , a qual pode conter uma chapa fotográfica ou filme para detecção. A seguir, na Figura 2, vemos três etapas subsequentes, da esquerda para a direita, da detecção da luz no anteparo p .

³⁴ Para mais detalhes sobre a versão forte, cf. Pessoa Jr. (2003), p. 17.

³⁵ Ver, por exemplo, outra versão em Albert (1993), p. 12. Em Arndt (1999) é exposto um experimento feito com moléculas.

³⁶ As figuras 1 e 2 foram retiradas de Pessoa Jr. (1997); o esquema de montagem também é o mesmo que aparece nesse artigo, sendo adicionadas apenas as legendas dos anteparos, na Figura 1 (Pessoa Jr. atribui essa figura a Bohr).

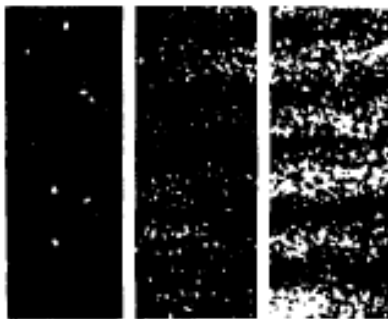


Figura 2 – Etapas da detecção da luz no anteparo p .

O experimento consiste, *grosso modo*, em bombardear o anteparo a_1 com a luz da fonte f e detectar algo na placa p . Pode-se acompanhar as etapas da detecção, como vimos na Figura 2. Na última etapa, ao final do experimento, temos o padrão clássico de interferência de ondas. As regiões mais claras correspondem a interferências construtivas (a intensidade da luz aumenta nessas áreas) e as mais escuras a interferências destrutivas (a intensidade da luz é nula nessas áreas). Considerando apenas a última etapa da detecção, a Física Ondulatória Clássica parece dar conta dos fenômenos. Mas será que a Física Clássica dá conta de explicar tudo o que ocorreu nesse experimento? Antes de responder, vamos tentar explicá-lo seguindo, inicialmente, os pressupostos da Teoria Ondulatória Clássica.

Podemos dizer que a luz se propagou a partir da fonte f , em todas as direções possíveis. Ao encontrar o anteparo a_1 , parte da luz passou pela abertura b_1 , formando uma ‘frente de onda’. Ao encontrar o anteparo a_2 , essa frente de onda se dividiu em duas: parte da luz passou pela abertura c_1 e parte passou pela abertura c_2 . Por fim, essas duas frentes de onda sofreram interferência, atingindo o último anteparo p e marcando a chapa fotográfica com o típico padrão de interferência de ondas clássicas. Parece uma boa explicação, mas será a melhor possível? Precisamos considerar também as outras etapas da detecção, que não somente a final, para responder a essa questão.

Nas duas primeiras imagens da Figura 2, é possível perceber que a detecção parece dar-se pontualmente, ou pelo menos, em pacotes mínimos. Ou seja, o padrão de interferência não é formado de uma só vez, mas aos poucos, digamos, ponto a ponto. Em razão disso,

deveríamos mudar a teoria pressuposta para uma teoria corpuscular da luz? É importante frisar que mesmo que seja lançado apenas um fóton de cada vez em direção ao anteparo *aI*, o mesmo padrão de interferência é detectado ao final do experimento. Diante desses resultados, parece que a resposta negativa é a mais apropriada às três questões que fizemos nesta seção: a Teoria Ondulatória da luz não é a melhor explicação possível, tampouco a Teoria Corpuscular; enfim, não é possível explicar tudo o que ocorreu durante o experimento recorrendo apenas à Física Clássica. Coube a uma nova teoria conciliar as características contraditórias que se evidenciaram nesse experimento.

Esse é um bom momento para uma observação: não se pode dizer que a Física Clássica foi superada pela Física Quântica. A Física Clássica continua sendo utilizada quando se tratam de corpos macroscópicos. Quando nos referimos à insuficiência das explicações clássicas, isso se aplica às investigações sobre o mundo subatômico. Segundo Bohr, por exemplo, “a Teoria Quântica é caracterizada pelo reconhecimento de uma limitação fundamental nas ideias físicas clássicas quando aplicadas a fenômenos atômicos” (BOHR, [1928], p. 136). Bohr (Ibid.) destaca também o quanto foi ‘herdado’ da Física Clássica, dizendo que cientistas do passado forneceram instrumentos para o trabalho da Física Atômica e, sobretudo, lembra a dependência da interpretação dos experimentos com relação à linguagem da Física Clássica, através de sua ‘tese da linguagem clássica’.

Para Bohr, o uso de conceitos clássicos seria inevitável na interpretação dos experimentos; além disso, segundo a tese da linguagem clássica “a descrição da aparelhagem experimental e dos resultados das medições só pode ser feita na linguagem da Física Clássica” (PESSOA JR., 2003, p. 92). Essas reflexões levaram Bohr a pensar sobre o problema da fronteira entre o clássico e o quântico, sendo que em 1935 ele conclui pela ‘inclusão’, por assim dizer, da aparelhagem experimental no fenômeno quântico (cf. BOHR, [1928], p. 136, nota 5). Trata-se de uma questão controversa, mas nosso intuito ao abordá-la é lembrar a inadequação de se defender uma superação da Física Clássica pela Quântica.

Isso fica ainda mais evidente quando se analisa a dualidade onda-partícula. Sabe-se que Bohr defendia que, tanto a linguagem ondulatória quanto a linguagem corpuscular (clássicas) são necessárias para explicar fenômenos quânticos (cf. PESSOA JR., 2003, p. 92). Isso se relaciona

com a tese da complementaridade, de que falaremos mais adiante, ao comentarmos sobre a versão forte da dualidade, nesta mesma seção.

Voltando a falar na versão fraca da dualidade onda-partícula, esta estabelece que, em regimes quânticos³⁷, “qualquer radiação ondulatória é detectada em pacotes mínimos de energia ou massa, e qualquer partícula individual pode exibir fenômenos tipicamente ondulatórios, como a interferência”³⁸ (PESSOA JR., 1997, p. 29). Expressando o princípio dessa maneira, percebemos que ele pressupõe o ‘postulado quântico’ de Planck, que pode ser considerado outro dos pilares da Teoria Quântica. Segundo esse postulado, só se consegue detectar radiação, absorvida ou emitida pela matéria³⁹, de forma descontínua (cf. PESSOA JR., 2003, p. 6). As quantidades individuais bem localizadas detectadas são chamadas de ‘quanta’.

Bohr chamou a atenção para a importância desse postulado para a Física Quântica, dizendo que

“sua essência [da Física Quântica] pode ser expressa no chamado postulado quântico, que atribui a qualquer processo atômico uma descontinuidade essencial, ou melhor, uma individualidade, completamente estranha às teorias clássicas, e simbolizada pelo quantum de ação de Planck” (BOHR, [1928], p. 136).

Portanto, para Bohr, o postulado quântico diferenciaria, essencialmente, a Física Quântica da Clássica. A complementaridade era outro conceito que Bohr considerava fundamental para a Física Quântica. Bohr elaborou a versão forte do princípio da dualidade onda-partícula, envolvendo o que chamamos de ‘tese da complementaridade’. Entender a dualidade como complementaridade implica aceitar que os fenômenos ondulatórios e corpusculares seriam, justamente,

³⁷ Nos experimentos com a luz, como o das duas fendas, o regime quântico se caracteriza pela baixa intensidade da fonte emissora de luz. Perceber a detecção pontual só foi possível quando os físicos começaram a lidar com baixíssimas intensidades (cf. PESSOA JR., 2003, p. 6).

³⁸ É importante notar que, nessa versão, a complementaridade não é exigida para a definição da dualidade. Diferentemente da versão forte, que é elaborada com a complementaridade, a qual explicaremos brevemente mais adiante.

³⁹ Vale ressaltar que falávamos de experimentos com a luz, mas podemos estender esse discurso à matéria subatômica. No ano de 1909 o experimento foi feito com a luz e na década de 1950 com elétrons (cf. PESSOA JR., 2003, p. 3). Na próxima seção, vamos analisar o experimento com elétrons, exemplificando essa extensão e evidenciando outros pontos interessantes sobre os fenômenos quânticos.

complementares, o que significa que os dois poderiam aparecer em experimentos quânticos, porém, nunca apareceriam ao mesmo tempo em um mesmo experimento. Aceitando-se o postulado de Planck, não haveria problema na coexistência da detecção pontual e do padrão de interferência. Bohr afirma que

“o fenômeno da interferência no vácuo e as propriedades ópticas de meios materiais são governados de maneira completa pelo princípio de superposição⁴⁰ da Teoria Ondulatória. Contudo, a conservação de energia e momento⁴¹ durante a interação entre radiação e matéria [...] encontra sua expressão adequada apenas na ideia de quantum de luz apresentada por Einstein” (BOHR, [1928], p. 137-138).

Logo, tanto os aspectos corpusculares quanto os ondulatórios seriam necessários para o estudo da luz. O que não é possível, para Bohr, é obter as trajetórias⁴² dos fótons e, ao mesmo tempo, observar padrões de interferência, no mesmo experimento. A dualidade onda-partícula seria, então, muito mais um princípio de uma teoria do que uma característica do objeto quântico. Isso mostra o quanto a Física Quântica pode exemplificar a influência das teorias nos fatos.

Vamos analisar a versão para elétrons do experimento das duas fendas, na qual se evidenciam outras características dos fenômenos quânticos que gostaríamos de ressaltar e sobre as quais é possível fazer reflexões semelhantes.

⁴⁰ Trata-se da superposição clássica de ondas, e não da superposição quântica, de que falaremos mais adiante.

⁴¹ Pessoa Jr., em nota de tradução, afirma que ‘momento’, aí, tem sentido de ‘quantidade de movimento’ (cf. BOHR, [1928], p. 138, nota 9). Utilizaremos o termo no mesmo sentido ao longo deste trabalho.

⁴² É interessante notar que o significado do termo ‘trajetória’ agora depende da interpretação na Teoria Quântica. Chegou-se a afirmar que: “Na Física Quântica, não há tal conceito de caminho de uma partícula” (LANDAU & LIFSHITZ, 1958, p. 2) Apesar da controvérsia em torno do termo, continuaremos usando-o referindo-nos à localização no espaço com o passar do tempo.

2.4. O Experimento das Duas Fendas para elétrons

Consideremos a versão idealizada por Feynman⁴³, em que um canhão de elétrons bombardeia um anteparo com duas fendas 1 e 2, como esquematizado na Figura 3. À direita desse anteparo, tem-se uma tela em que há um detector móvel. Os elétrons incidem ao longo do eixo x . O canhão lança os elétrons em intervalos de tempo que tornam possível detectar apenas um de cada vez. Os gráficos à direita da tela mostram as curvas que exprimem as probabilidades de detecção.

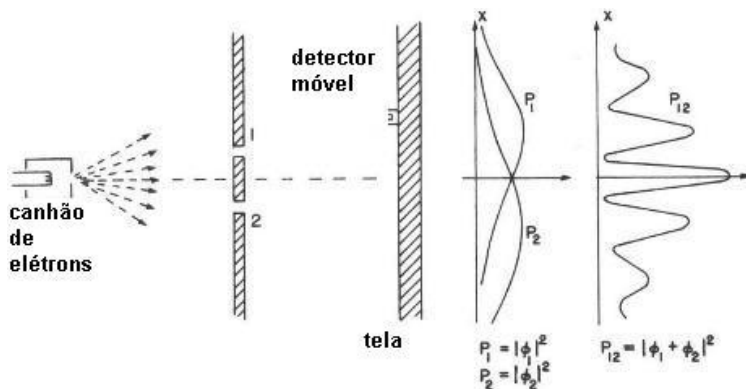


Figura 3 – Esquema do experimento das duas fendas para Elétrons⁴⁴.

Vamos investigar primeiro o que aconteceria se fechássemos a fenda 2 e repetíssemos o experimento. As probabilidades de detecção dos elétrons seguiriam a curva P_1 . A equação que a representa é

$$P_1(r) = |\varphi_1(r)|^2 \quad (1).$$

Ou seja, a probabilidade de um elétron ser encontrado em torno de determinada região r do espaço, quando passa pela fenda 1, é dada por essa equação.

Da mesma maneira, se a fenda coberta fosse a número 2, obteríamos a curva P_2 , resultante da seguinte equação

$$P_2(r) = |\varphi_2(r)|^2 \quad (2).$$

⁴³ Essa versão do experimento das duas fendas para elétrons é apresentada em Pessoa Jr. (2003), p. 154.

⁴⁴ A Figura 3 foi retirada do *site* da Wageningen University, no endereço apontado nas referências. Foram apenas modificadas as legendas, sendo traduzidas para o português.

O gráfico de P_2 representa, portanto, a probabilidade de se encontrar, em torno de certa região r , um elétron que passou pela fenda 2.

E o que acontece quando as duas fendas permanecem abertas? O padrão encontrado ao final do experimento é o de interferência, como mostra o gráfico de P_{12} . Devido ao algoritmo estatístico⁴⁵, a equação que dá as probabilidades de se encontrar um elétron em uma determinada região r do espaço é

$$P_{12}(r) = |\varphi_1(r) + \varphi_2(r)|^2 \quad (3).$$

Falaremos mais adiante a respeito do significado da forma da equação (3)⁴⁶. Por ora, basta sabermos que os ‘ φ ’ são vetores (se estivermos trabalhando no espaço de Hilbert, ou senão pode-se dizer simplesmente que são funções) que expressam estados do sistema. Um ‘sistema’ aqui pode ser entendido como uma configuração a ser investigada pela Física; assim, uma partícula seria um exemplo de sistema físico. Pode-se dizer que o ‘estado’ de um sistema, *grosso modo*, equivale à ‘situação’ do sistema físico com respeito a certos observáveis, em dado instante. As regiões de suposta interferência construtiva correspondem aos valores mais altos de probabilidade.

É fácil notar que a soma das curvas obtidas fechando-se uma fenda de cada vez não seria igual ao que se obtém com as duas fendas abertas⁴⁷. Neste caso aparece o padrão de interferência e naquele, não. Em ambos os casos, no entanto, a detecção é pontual, como afirma o postulado de Planck: pode-se dizer que cada elétron chega ‘inteiro’ ao detector, pois este detecta energia e massa mínimas, ou seja, que se consegue identificar como sendo de um elétron apenas. Aceitando a tese da complementaridade, devemos admitir que, diante desse padrão de interferência, não é possível afirmar que o elétron passou por uma determinada fenda. A trajetória⁴⁸ bem definida, característica de partículas, não poderia ser associada a um experimento em que o padrão de interferência se verifica.

⁴⁵ O algoritmo estatístico, ou Regra de Born, está exposto em Pessoa Jr. (2003), p. 34. Comentaremos mais a respeito dele adiante, na seção 2.7.

⁴⁶ Essa equação exprime uma superposição quântica, que explicaremos mais adiante.

⁴⁷ Matematicamente, como $|\varphi_1 + \varphi_2|^2 = |\varphi_1|^2 + |\varphi_2|^2 + 2R$, isso só poderia ser igual a $|\varphi_1|^2 + |\varphi_2|^2$ se $2R = 0$, mas esse coeficiente de interferência não pode ser eliminado.

⁴⁸ Mesmo que se procure dar para o termo ‘trajetória’ um sentido diferente do clássico, não falando mais em um caminho contínuo, ainda assim não é possível vê-lo junto com o padrão de interferência.

No entanto, tal sensação de ignorância não era aceita por todos os físicos. Questionava-se que as trajetórias dos elétrons talvez pudessem ser descobertas se o experimento fosse modificado⁴⁹. Se isso se comprovasse, seria contrário à tese da complementaridade de Bohr. Feynman teve a seguinte ideia⁵⁰, procurando verificar se um elétron lançado pelo canhão passaria pela fenda 1 ou pela fenda 2: colocar uma fonte de luz entre as fendas e, ao lado de cada fenda, detectores de luz D_1 e D_2 . Se o elétron⁵¹ passasse por 1, liberaria um fóton, que seria detectado em D_1 . Se o elétron passasse por 2, um fóton seria detectado em D_2 . É de se esperar que o experimento corra como antes, apresentando interferência, e se consiga obter a informação sobre a fenda pela qual o elétron passou, por meio dos detectores. Mas parece que no mundo subatômico as coisas não são como nossa intuição espera que sejam.

É fato que, se detectarmos as trajetórias, o padrão de interferência desaparece e a curva de probabilidades obtida é típica de partículas (cf. PESSOA JR., 2003, p. 155). Pode-se dizer que a medição da trajetória causaria um distúrbio, interferindo no resultado do experimento. Essas conclusões nos levam a discutir duas outras características quânticas: os ‘distúrbios interacionais’ e o ‘estado de superposição’. No experimento com as duas fendas abertas, sem detectores de luz nas fendas, o elétron se encontra no estado de ‘superposição’ $\varphi_1(r) + \varphi_2(r)$. A equação (3) expressa a probabilidade de encontrar o elétron em torno de certa posição r , a partir do estado de superposição. Tendo conhecido um pouco mais esses experimentos, vamos tratar dessa e outras características peculiares da Física Quântica na próxima seção.

Vamos abrir um parêntese para fazer um esclarecimento. Estamos entendendo aqui ‘medição’ como ‘ato de medir’; esse ato resultaria em uma ‘medida’, que estamos entendendo como um número que se faz corresponder à grandeza que foi medida. Na Física Quântica, as medidas podem ser expressas por probabilidades. Isto é, a Física Quântica fornece as probabilidades de se obterem os diferentes resultados

⁴⁹ Einstein propôs uma mudança no experimento em 1927, mas ela foi rejeitada por Bohr. Para mais detalhes, ver Pessoa Jr. (2003), p. 155.

⁵⁰ O esquema da montagem dessa variação do experimento pode ser visto em Pessoa Jr., 2003, p. 156.

⁵¹ Em um experimento como esse, em se tratando de Física Quântica, surge a questão: o elétron que saiu do canhão seria ‘o mesmo’ que passou por uma das fendas posteriormente? Isso leva à problemática da ‘identidade’ na Física, que será brevemente discutida na seção 3.5, segundo o ponto de vista de Schrödinger.

possíveis de medições. A Regra de Born⁵² define que as probabilidades são obtidas elevando-se ao quadrado o módulo da função de onda (cf. PESSOA JR., 2003, p.7 e 34). As equações (1), (2) e (3) são aplicações dessa regra. Falaremos mais sobre medições na seção 2.8., em que também introduziremos o que é conhecido como ‘problema da medição’ na Física Quântica.

2.5. Algumas características da Física Quântica

Incerteza, superposição, indeterminismo, distúrbios interacionais, probabilidades. Essas são características marcantes do que hoje se entende por Física Quântica – de acordo com a maioria de suas interpretações, e principalmente daquela vinculada à escola de Copenhague – que além de desafiar a Física Clássica, desafiam nossa intuição e concepções epistemológicas tradicionais. A identificação da presença dessas características no experimento das duas fendas pode nos ajudar a compreendê-las melhor e a notar o quanto elas abalam a imagem da Ciência construída pela Filosofia da Ciência tradicional.

Heisenberg afirma, ao estabelecer o ‘Princípio da Incerteza’, que não há maneira de conhecermos, ao mesmo tempo, as medidas de dois observáveis quânticos que são incompatíveis. Um ‘observável’ seria, *grosso modo*, qualquer grandeza física a ser medida. Por exemplo, os observáveis ‘posição’ e ‘momento’ seriam incompatíveis na Física Quântica. Quando um deles é medido, há incerteza no valor da medida do outro. No experimento com uma das fendas aberta, no instante em que um elétron passa pela abertura, há ‘incerteza’ com relação ao seu momento na direção paralela ao anteparo. Também são incompatíveis, nessa acepção, os observáveis ‘tempo’ e ‘energia’. O princípio da incerteza é expresso matematicamente pelas ‘relações de incerteza’. Vejamos algumas desigualdades que expressam relações de incerteza⁵³:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2 \quad (4)$$

$$\Delta t \cdot \Delta E \geq \hbar/2 \quad (5)$$

O valor \hbar corresponde ao quociente da constante de Planck h por 2π . Essa constante está relacionada com o Postulado Quântico, de que

⁵² A Regra de Born é um postulado da Teoria, que será esclarecido mais adiante, na próxima seção.

⁵³ Cf. PESSOA JR., 2003, p. 74.

falamos anteriormente. Ela aparece na equação da energia de um fóton⁵⁴, que é

$$E = h\nu \quad (6).$$

onde ν é a frequência da luz. Por (6), pode-se dizer que a energia de um fóton só varia de acordo com a frequência da luz, estando vinculada à constante de Planck, que assim estabelece um valor mínimo para a energia de um fóton.

A desigualdade (4) expressa a relação de incerteza entre posição (x) e momento (p), com respeito à sua componente em x , que em geral convencionou-se ser a componente horizontal, sempre com respeito a variações estatísticas dessas grandezas, isto é, Δx e Δp_x . A desigualdade (5) refere-se à incerteza relacionando tempo e energia. A presença da desigualdade nessas fórmulas revela a inexatidão que existe na relação dessas grandezas incompatíveis.

É interessante salientar a diferença entre ‘incerteza’ e o que hoje se entende por ‘indeterminação’, que é comum na Física Clássica (cf. PESSOA JR., 2003, p. 73). Schrödinger ([1949], p. 98) já esboçou essa diferença, quando afirmou que a indeterminação que se observa na Física Clássica é considerada uma falha no conhecimento, uma espécie de ‘incerteza epistêmica’. Mas esse conhecimento, segundo a Física Clássica, poderia vir a ser obtido por inspeção direta, ou observação. Ou seja, a falha no conhecimento seria atribuída à incapacidade dos aparelhos em fazer essa inspeção. Esse problema se tornaria cada vez menor, portanto, à medida que a tecnologia fosse aperfeiçoando os equipamentos.

Parecia ser comum o uso dos dois termos indistintamente à época em que ainda não tinham definição precisa, diferenciando-se pelo seu uso no contexto em que eram mencionados. Bohr, por exemplo, claramente referindo-se ao que conhecemos hoje por indeterminação, diz que seria uma “incerteza devida a medições imperfeitas, contida inerentemente em qualquer observação considerada na descrição ordinária de fenômenos naturais”; mas ressalta que a diferença é que “em teorias clássicas, qualquer observação subsequente permite uma previsão de eventos futuros com acurácia cada vez maior, pois ela melhora nosso conhecimento do estado inicial do sistema” (BOHR, [1928], p. 146). Por ‘descrição ordinária’ claramente Bohr entende ‘descrição clássica’, pois se refere em vários momentos com esse termo à Física Clássica.

⁵⁴ Cf. PESSOA JR., 2003, p. 6.

Logo, a Física Clássica também lida com indefinições, mas que são vistas como intrínsecas à dificuldade em analisar o objeto estudado, ou à aparelhagem experimental. A aparelhagem é capaz de detectar as grandezas que mede dentro de um determinado intervalo. Intervalos menores não podem ser detectados com precisão, daí a indeterminação. Na Física Quântica, esse problema ganha outra nuance: a incerteza não é atribuída à manipulação do objeto, mas à própria teoria. A ignorância do cientista não se deve a indeterminações que podem vir a ser resolvidas com o desenvolvimento de equipamentos mais precisos. É a teoria que propõe, em um princípio fundamental, que a medição de um observável causa incerteza na medição de outro observável, o que não tem relação com a precisão da aparelhagem experimental.

O princípio da incerteza influencia, portanto, as medições na Física Quântica. Bohr explica como isso acontece com relação aos observáveis ‘posição’ e ‘momento’. Ele afirma que “as coordenadas de uma partícula podem ser medidas com qualquer grau desejado de acurácia usando, por exemplo, um instrumento óptico”, mas que, na Teoria Quântica, “o espalhamento da radiação pelo objeto está sempre ligado a uma variação finita no momento” (BOHR, [1928], p. 142). O momento, por sua vez,

“pode ser determinado com qualquer grau de acurácia medindo-se, por exemplo, o efeito Doppler da radiação espalhada [...] mas neste caso a determinação das coordenadas espaciais da partícula torna-se analogamente menos acurada” (BOHR, [1928], p. 143).

Esses trechos de Bohr exemplificam bem a influência do princípio da incerteza nos dados observados pela Física Quântica.

Essa análise do princípio da incerteza leva à discussão de outra característica quântica: o ‘distúrbio interacional’. A incerteza na medição de observáveis incompatíveis pode ser atribuída a ‘distúrbios’ que as medições podem causar. Vimos um exemplo de distúrbio no experimento das duas fendas: ao se tentar medir a trajetória de um elétron, não é mais possível detectar o padrão de interferência. Da mesma forma, uma medição de posição pode provocar um distúrbio no momento do elétron. Pode-se saber o momento de antemão, mas quando a medição de posição for realizada, essa grandeza – o momento – vai se alterar. Segundo Heisenberg, “a interação entre observador e objeto

causa alterações incontroláveis e grandes no sistema sendo observado, por causa das alterações descontínuas características dos processos atômicos” (HEISENBERG, [1930], apud PESSOA JR., 2003, p. 79). Heisenberg dá ênfase à participação do observador nesse distúrbio. Vale salientar que o observador não tem aí caráter de ‘ser que observa’, que tem contato visual com um objeto. Isso não seria possível, já que os objetos da Física Quântica não são observáveis nesse sentido. O termo observador tem aí sentido de ‘agente da medição’. Heisenberg (Ibid.) também enfatiza a descontinuidade dos processos quânticos. Ele sugere que os processos atômicos sofrem alterações descontínuas, isto é, que o estado de um sistema poderia mudar abruptamente e de maneira imprevisível.

Bohr ([1928], p. 136) também destaca que a interação com o que ele chama ‘agentes da observação’ não pode ser desprezada na Física Quântica. Não ocorreria como na Física Clássica, em que quanto mais observações fossem feitas, melhor seria a acurácia, mas na Física Quântica “a impossibilidade de desprezar a interação com o agente da medição significa que toda observação introduz um novo elemento incontrolável” (BOHR, [1928], p. 146).

De certa forma, a observação não seria possível sem essa interação. Entretanto, os agentes da medição não fazem parte do sistema⁵⁵, razão pela qual “uma definição sem ambiguidades do estado do sistema naturalmente não é mais possível, e não se pode falar em causalidade no sentido ordinário da palavra” (BOHR, [1928], p. 137). Ou seja, não é mais possível, na Física Quântica, definir qual o estado do sistema sem considerar a interação com o agente da medição. Segundo Pessoa Jr., em nota de tradução⁵⁶, Bohr se refere à causalidade no sentido do que se entende na Física por ‘determinismo’, o que nos leva à discussão de outra característica atribuída aos processos que ocorreriam dentro do átomo: o ‘indeterminismo’.

A presença do indeterminismo significa que não é possível, em princípio, prever com exatidão as medidas dos observáveis, mesmo dispondo de informações sobre seu estado inicial. O indeterminismo aparece ao lado das ‘probabilidades’ nos resultados dos experimentos. Conforme pudemos notar no experimento das duas fendas para elétrons,

⁵⁵ Lembramos a mudança de posição de Bohr em 1935, citada na seção 2.3. Não faz parte do escopo deste trabalho examinar as consequências dessa mudança; para nós é suficiente perceber que há uma controvérsia considerável em torno do problema da interação.

⁵⁶ Cf. BOHR, [1928], nota 8.

através de um grande número de detecções obtemos as curvas relativas às equações (1), (2) e (3), que expressam a probabilidade de se encontrar o elétron em determinada região do espaço. Pode-se dizer que, na Física Quântica, tudo o que se tem como resposta são valores prováveis, conforme a regra de Born, nunca valores pré-determinados. Não seria assim na Física Clássica, que responde com valores pré-determinados, mesmo que contendo uma dose de indeterminação.

Schrödinger comenta essa situação em “Indeterminism in Physics”, de 1932: “a Mecânica Quântica nos ensina que se uma massa pontual (*mass point*) é submetida a uma operação um grande número de vezes, o mesmo resultado pode não aparecer invariavelmente, mesmo que a operação seja sempre exatamente a mesma”; mas ainda assim, se os experimentos forem idênticos,

“se você repete o mesmo experimento um milhão de vezes e registra a frequência com a qual os diferentes resultados possíveis ocorrem, eles irão se repetir no segundo milhão de experimentos com exatamente a mesma frequência” (SCHRÖDINGER, [1932a], pp. 47-48).

Por fim, o ‘Princípio da Superposição’, conhecido na Física Ondulatória Clássica, tem outra versão na Física Quântica. Segundo esse postulado, dados quaisquer dois estados possíveis, qualquer combinação linear dos mesmos também é um estado possível. Essa situação é vista no experimento das duas fendas, em que há uma superposição correspondendo à combinação de $\varphi_1(r)$ e $\varphi_2(r)$, que é expressa pela equação (3). Isso não corresponde a dizer que ‘o elétron passou por uma das duas fendas’, nem que passou ‘pelas duas fendas ao mesmo tempo’. É, de fato, um novo conceito, contra-intuitivo como muitos fatos na Física Quântica, e que corresponde a uma formulação matemática simples: a combinação linear de vetores⁵⁷. Vamos esclarecer melhor essa afirmação.

Um sistema físico, na Mecânica Quântica não-relativística, é representado por um ‘Espaço de Hilbert’⁵⁸. Trata-se de um espaço vetorial com produto interno, completo em relação à norma induzida por esse produto interno (cf. KRAUSE, 2002, p. 53). ‘Norma’ é uma maneira

⁵⁷ Uma exposição sobre o estado de superposição quântica está em ALBERT (1993), cap. 1.

⁵⁸ Para uma definição mais precisa desse espaço, cf. VON NEUMANN, [1932], p. 34-46.

possível de definir distâncias em um espaço vetorial. No caso do espaço de Hilbert, temos que

$$\|\alpha\|^2 = \langle \alpha | \alpha \rangle \quad (7),$$

em que $\|\alpha\|$ expressa a norma do vetor α e $\langle \alpha | \alpha \rangle$ simboliza o produto interno do vetor α por ele mesmo; como a norma está em função do produto interno, diz-se que ela é ‘induzida’ pelo mesmo. *Grosso modo*, um espaço vetorial tem a propriedade de ser ‘fechado para adição’, ou seja, se dois vetores pertencem a esse espaço, sua soma também pertence. Logo, se α e β são vetores de um espaço V , $\alpha + \beta$ também será um vetor desse espaço. Também ocorre o mesmo para multiplicação por um escalar que, no caso de um Espaço de Hilbert, é um número complexo. Isto é, se p e q são escalares, $p\alpha$ e $q\beta$ são vetores de V . Aplicando essas duas propriedades, temos que

$$p\alpha + q\beta \quad (8)$$

também é vetor de V . A forma (8) é dita ‘combinação linear’ dos vetores α e β . Como os vetores normalizados representam estados de sistemas físicos, diz-se que, se dois estados são possíveis para um sistema, sua combinação linear também é possível (cf. PESSOA JR., 2003, p. 26). Essa combinação de estados é chamada de ‘superposição’ na Física Quântica. A equação (1), por exemplo, exprime a probabilidade de uma superposição. Este princípio é por vezes mal-interpretado, principalmente em virtude da repercussão do artigo em que Schrödinger apresenta o célebre problema do gato⁵⁹. Vamos expor brevemente esse problema na próxima seção, aproveitando para esclarecer melhor a superposição quântica.

⁵⁹ Trata-se do artigo “Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik”, de 1935. Citamos a tradução para o francês de 1992, organizada por Bitbol.

2.6. O gato de Schrödinger



“E você tem absoluta certeza de que é apenas um gato hipotético?”

Sidney Harris,
A Ciência Ri.

Esse experimento de pensamento idealizado por Schrödinger⁶⁰ é exaustivamente divulgado não só entre os físicos. Nesse processo de divulgação, por vezes acabam ocorrendo distorções na sua explanação. Vamos fazer uma breve exposição sobre ele e salientar alguns equívocos frequentemente cometidos, procurando esclarecer um pouco mais o conceito de ‘superposição’.

Schrödinger imaginou, um tanto maldosamente, basicamente o seguinte: colocar um gato, juntamente com um recipiente contendo uma substância radioativa, em uma caixa fechada de aço. Essa substância teria probabilidade igual a 0,5 de emitir radiação e acionar um detector. O pobre gato seria morto por um dispositivo ligado ao detector (se o detector fosse acionado, esse dispositivo exalaria uma substância venenosa para o gato, por exemplo), caso houvesse emissão de radiação. Caso contrário, ele felizmente permaneceria vivo. Os átomos da substância radioativa são considerados, pela Física Quântica, em estado de superposição. Com a caixa fechada, não saberíamos se houve ou não houve a emissão de radiação, permanecendo a angústia sobre a situação em que se encontra o famigerado gato. Logo, o estado seria uma combinação de ‘emissão’ e ‘não-emissão’. Mas qual seria o estado do sistema formado pelo gato e a substância radioativa?

⁶⁰ Em Pessoa Jr. (2003), p. 61, há uma breve e correta explanação do problema do gato de Schrödinger.

Em textos de divulgação, o gato frequentemente agoniza entre a vida e a morte. É comum dizer-se que o gato está ‘vivo e morto’ nesse experimento, assim como ‘vivo ou morto’. Essas afirmações não estariam corretas, no âmbito da Física Quântica. Supondo que a superposição atômica se estendesse para o sistema macroscópico, o mais correto seria dizer que o gato está em uma superposição dos estados ‘vivo’ e ‘morto’, o que não é equivalente a nenhuma das duas fórmulas tradicionais, envolvendo conjunção e disjunção da lógica clássica. Trata-se de outro tipo de combinação. O experimento idealizado por Schrödinger motiva o alerta para os problemas de se transferir para experimentos quânticos o mesmo tipo de raciocínio que se tem tradicionalmente para objetos macroscópicos e vice-versa. Teríamos o gato inocentemente envolvido em um estado de superposição, porém, até onde sabemos, a superposição é característica de fenômenos quânticos, envolvendo objetos quânticos, e não macroscópicos, tais como gatos⁶¹. Neste caso, costuma-se transferir para objetos macroscópicos o raciocínio válido para objetos quânticos.

Seria a aparelhagem experimental um tipo de ‘gato de Schrödinger’ nos experimentos? E quanto ao próprio observador? Se considerarmos os objetos quânticos interagindo com o aparato experimental, que por sua vez é manipulado pelo observador, encontraremos problemas. Aparelho e observador são objetos macroscópicos, com que os físicos estão acostumados a lidar por meio da Teoria Clássica. Como é possível sustentar que o observador, a aparelhagem e o objeto quântico são parte de um mesmo sistema, se não são as mesmas ‘leis’ que regem o comportamento dos três?

Muitos físicos e filósofos procuraram responder a essas questões. Um deles foi Leggett, que propôs o macro-realismo: as superposições de objetos macroscópicos seriam proibidas. Mesmo sendo esses objetos parte de experimentos, deveriam ser tratados classicamente (cf. PESSOA JR., 2003, p. 92).

Esses questionamentos têm em grande parte sua origem no experimento idealizado por Schrödinger. Ele se dirigia especialmente à interpretação de Copenhague, a mais difundida à época em que propôs o

⁶¹ Entra também nessa discussão a questão da ‘decoerência’, da qual não trataremos neste trabalho. Resumida e grosseiramente, trata-se de certa perda de coerência que ocorreria porque os objetos macroscópicos sempre seriam influenciados pelo ambiente (Pessoa Jr., 2003, p. 31); seria o caso do gato, por isso a dificuldade em envolvê-lo em um sistema tipicamente quântico.

experimento⁶². Essa interpretação prevaleceu sobre as demais, sendo que as características que aqui mencionamos são amplamente aceitas pelos físicos, assim como a Interpretação Ortodoxa, talvez em virtude dessa supremacia. As explicações dadas por esse grupo de físicos para as características que ressaltamos parecem ter sido aceitas por um número maior de cientistas, e isso fez com que mantivessem a hegemonia de suas ideias. O grupo procurava responder às críticas formulando explicações condizentes com os pressupostos que defendiam. Na próxima seção, vamos falar mais sobre algumas interpretações alternativas, que mantêm ao menos a pretensão de explicar o surgimento das características quânticas já mencionadas, mesmo que não as aceitando completamente.

2.7. Interpretações da Teoria Quântica

O formalismo da Mecânica Quântica, em termos de espaços de Hilbert, foi desenvolvido por Von Neumann, e publicado em 1932⁶³. Pode-se dizer que, de certa forma, Von Neumann condensou os resultados que havia até então, unificando a teoria. Nas palavras dele, antes havia “um conglomerado de fragmentos essencialmente diferentes, independentes, heterogêneos e parcialmente contraditórios” (VON NEUMANN, [1932], p. 4). É esse formalismo – que consiste basicamente da estrutura matemática⁶⁴ em que se fazem os cálculos e dos postulados específicos da teoria – que determina a maneira de se calcular os valores possíveis para os resultados das medições e suas probabilidades (cf. PESSOA JR., 2003, p. 23).

Segundo a descrição de Reichenbach ([1944], p. vi), o surgimento de diferentes interpretações faria parte de uma terceira fase no desenvolvimento da Física Quântica; ele diz que a “forma matemática” da nova teoria teria ficado clara já por volta de 1926. Ocorre que o formalismo da Teoria Quântica é compatível com a maioria das interpretações. Só que cada uma delas, como já mencionamos, sugere

⁶² Schrödinger elaborou o experimento, segundo Pessoa Jr. (2003, p. 92), como um argumento em favor da incompletude, respondendo ao famoso argumento de EPR.

⁶³ Cf. VON NEUMANN, [1932].

⁶⁴ É importante lembrar, mais uma vez, que o pretense ‘rompimento’ com a Física Clássica não é absoluto; a Física Quântica não é desenvolvida a partir de uma *tabula rasa*, mas sim, incorpora muitas construções da Física Clássica; sem Física Clássica, não haveria Física Quântica.

explicações diferentes, resultando em descrições diferentes da realidade. Isso levou Bitbol, por exemplo, a afirmar que houve uma grande revolução com o desenvolvimento da Teoria Quântica, revolução esta que “atinge com toda força o estatuto das teorias (ou dos modelos⁶⁵) que visavam a oferecer uma descrição da natureza” (BITBOL, 1992a, p. 13). Vamos nos ater um pouco mais ao formalismo a fim de compreender melhor essa revolução.

O formalismo, através dos postulados, estabelece os ‘conceitos teóricos’, em que certas entidades matemáticas são escolhidas convenientemente para representar certas entidades físicas⁶⁶. Por exemplo, conforme já mencionamos, um Espaço de Hilbert (entidade matemática) representa um sistema físico (entidade física). Um ‘vetor’ (entidade matemática) de um Espaço de Hilbert representa o ‘estado’ de um sistema físico (entidade física). Além disso, um ‘operador auto-adjunto’ (entidade matemática) sempre representa um ‘observável’. A equação de Schrödinger define como o ‘estado’ do sistema evolui no tempo, e um ‘autovalor’ representa o valor possível de uma medição de uma grandeza física. Cada uma dessas regras é estabelecida por um postulado da teoria. O postulado de Born, ou Regra de Born, que comentamos anteriormente, estabelece a probabilidade de obter a medida de um observável, para um sistema físico em certo estado⁶⁷. É em virtude desse postulado que se pode afirmar, como dissemos na seção anterior, que a Física Quântica só fornece resultados probabilísticos.

Incorporadas ao formalismo mínimo, portanto, estão algumas regras, expressas pelos postulados, que fazem a correspondência entre os termos teóricos e observacionais e a realidade (segundo uma perspectiva de alguma forma realista) ou apenas entre os termos observacionais e os fatos observados (segundo uma perspectiva

⁶⁵ O termo ‘modelo’ é usado por Bitbol (e também por Schrödinger) sem maiores explicações, embora haja, como se sabe, uma discussão acerca do uso do termo na Filosofia da Ciência. Para nossos propósitos, é suficiente entendermos ‘modelo’ como para a Física, sendo, *grosso modo*, uma elaboração envolvendo Matemática que a Ciência faz para explicar fenômenos. Não tendo significado lógico, portanto. Uma exposição sobre o tema dos modelos na Ciência encontra-se em Krause (1997) e (2002).

⁶⁶ Essa correspondência com entidades físicas não tem interpretação unânime. Isham (1995, pp. 85-6) coloca que podem se referir só às medições e seus resultados.

⁶⁷ Uma exposição dos postulados da Mecânica Quântica, que consultamos para a elaboração deste trabalho, pode ser encontrada em Pessoa Jr., 2003, pp. 65-68. Vários livros sobre Mecânica Quântica, com os quais não trabalhamos aqui, também os expõem, entre eles Jammer (1974), e Isham (1995).

considerada não-realista). A reunião dessas regras pode ser considerada como a ‘interpretação’ da teoria. Aí, o termo ‘interpretação’ é entendido como tradicionalmente pela Filosofia da Ciência⁶⁸. De acordo com essa concepção que chamamos de ‘tradicional’, haveria somente uma interpretação para cada teoria, ou seja, cada teoria dispõe de *um* ‘conjunto’ de regras de correspondência com a realidade.

Um exemplo de autor que menciona uma concepção de teoria que parece se assemelhar à tradicional é Nagel. Ele apresenta os componentes necessários a uma teoria em *Structure of Science* (1961). Segundo Nagel (1961, p.90), trata-se de três componentes: (1) um esqueleto lógico ou cálculo abstrato; (2) algumas regras relacionando esse cálculo com o conteúdo empírico e (3) uma interpretação ou modelo que dê ‘carne’ ao esqueleto, introduzindo noções familiares ou visualizáveis. Pode-se dizer que o primeiro componente constitui a ‘linguagem’ da teoria. O segundo e o terceiro componente parecem constituir, juntos, o que pretendemos chamar de concepção tradicional de interpretação para uma teoria científica.

O componente (2) de Nagel equivaleria à ‘interpretação básica’ da Física Quântica, que pretende se referir somente a experimentos e seus resultados, e não fazer afirmações sobre a realidade. Uma pretensa descrição da realidade ficaria a cargo das diferentes ‘interpretações’. Olhar para o todo da Física Quântica gera, nesse caso, múltiplas respostas. Cada uma dessas interpretações seria como o componente (3) de Nagel, mas estas coexistiriam e relatariam realidades diferentes. É essa possibilidade de coexistência que parece dar novo sentido ao termo interpretação, podendo aparecer no plural; incluir esse novo sentido de ‘interpretação’ na definição de uma teoria científica faria com que o conceito de teoria se alterasse com o desenvolvimento da Física Quântica.

Pode-se dizer que o sentido em que o termo ‘interpretação’ é entendido no âmbito da Física Quântica é diferente do que era entendido pela Filosofia da Ciência tradicional. Essa diferença está em admitir

⁶⁸ Em Putnam, [1981], pp. 29-35, o autor se refere à ‘visão recebida’ de interpretação, em que esta seria fixada por restrições operacionais e teóricas. Ele diz que são as restrições operacionais – relativas aos testes empíricos – que restringem o número de interpretações possíveis. O problema para ele é que as interpretações são fixadas a partir de verdade de sentenças, por isso não funcionariam. A visão que chamamos ‘tradicional’ é próxima desta, especificamente para teorias científicas. O caso das interpretações que coexistem, na Física Quântica, sem que testes empíricos possam ser decisivos para a escolha entre uma delas, de certa forma serve também como argumento contra a ‘visão recebida’.

interpretações diversas para a mesma teoria, interpretações estas que fazem conexão da Teoria com diferentes concepções da realidade. Admitir tal modificação implica admitir também uma diferença na própria concepção de teoria científica.

Por outro lado, pode-se dizer também que, por exemplo, na Mecânica Clássica, podem-se encontrar exemplos de interpretações diferentes (como interpretação Newtoniana, de D'Alembert e de Mach) para a mesma teoria. O que leva a crer que não foi o advento da Física Quântica que trouxe essa situação para a Ciência. A diferença está na maneira como a Filosofia da Ciência passou a olhar para esse tipo de situação, o que talvez tenha a ver com o impacto que esta causou na Filosofia.

Ainda não consideramos tal ideia sobre uma modificação na noção de interpretação totalmente amadurecida e bem fundamentada. Por isso, não vamos nos alongar em defendê-la aqui, até mesmo porque este não é o tema central deste trabalho. Mesmo assim, vamos considerar que seja plausível essa modificação, independentemente de quais os fatores que a geraram; é perfeitamente possível também que isso fosse resultado da própria dinâmica da Filosofia da Ciência, não tendo vínculo com o surgimento da Física Quântica.

Tendo sido acompanhada ou não dessa mudança filosófica, é possível perceber a difusão de uma visão que se pode chamar de 'instrumentalista' de teorias entre os cientistas durante o desenvolvimento da Física Quântica. Conforme Dutra (1998, p. 36), para o instrumentalismo as teorias se relacionam com a experiência apenas fazendo predições, sendo consideradas meras ferramentas para isso. Isso estaria de acordo com o que se pretendia com a interpretação básica da Teoria Quântica. Além disso, segundo Pessoa Jr., o instrumentalismo nega que as teorias "expliquem uma realidade subjacente aos dados experimentais" (PESSOA JR., 2003, p. 103). O instrumentalismo é, portanto, uma forma de negação do realismo científico (Ibid.). Vale notar a incompatibilidade que surge então para com a noção tradicional de objetividade, aceitando-se sua vinculação ao realismo científico conforme descrito anteriormente, na seção 1.1. Segundo a noção tradicional de objetividade, as teorias científicas devem procurar refletir a realidade, ao contrário do que parece se popularizar entre os cientistas com o desenvolvimento da Física Quântica.

Bohr, por exemplo, se manifesta contra a ideia de uma realidade independente quando afirma que “uma realidade independente no sentido físico ordinário não pode ser atribuída nem aos fenômenos, nem aos agentes da observação” (BOHR, [1928], p. 136). O sentido ‘físico ordinário’, para Bohr, significava o sentido da física clássica; logo, Bohr entendia que não era mais possível pretender descrever a realidade através das teorias físicas, como se fazia até então.

Podemos associar a Interpretação de Copenhague a esse tipo de interpretação instrumentalista, sendo próxima ao que chamamos de interpretação básica. Inseridos, no entanto, no contexto do debate científico, os partidários dessa interpretação discordavam de que pudesse haver alguma interpretação realista além dessa. No entanto, se nos colocamos no nível filosófico, podemos afirmar que esse caráter instrumentalista do que chamamos de interpretação básica da Teoria Quântica permite que outras ‘interpretações’ sejam formuladas, acrescentando-se pressupostos epistemológicos e ontológicos, estes se referindo à realidade ‘tal como ela é’ e aqueles ao nosso conhecimento dessa realidade. Entre os cientistas, há a disputa entre essas diferentes visões, mas quando se olha para um panorama mais amplo, do ponto de vista filosófico, se percebe que a Teoria Quântica parece se estruturar dessa maneira; tendo sim algo parecido com os componentes (1) e (2) de Nagel, mas tendo n componentes fazendo o papel do componente (3). Seguindo o conselho de Dewey ([1929], p. 159), prestando mais atenção ao que o cientista faz do que ao que ele ‘diz’ que faz, observamos que a coexistência das diferentes interpretações não parece prejudicar a prática da Física Quântica. No entanto, obviamente não consideramos esse assunto devidamente investigado, não pretendendo, portanto, uma conclusão definitiva da questão.

Apesar de geralmente não serem consistentes umas com as outras, justamente por carregar pressupostos contraditórios, essas interpretações não afetam as previsões da teoria. São maneiras diferentes de explicar o que ocorre para além dos fatos observados. Escolhemos, nesta seção, discorrer não sobre as interpretações para a teoria como um todo, mas somente para a dualidade onda-partícula, o que será suficiente para nossos propósitos.

Apresentaremos resumidamente algumas versões explicativas de quatro grupos de interpretação da Física Quântica⁶⁹. Poderemos assim

⁶⁹ Para mais detalhes sobre as versões dessas interpretações para o experimento das duas fendas, cf. PESSOA JR., 2003, pp.5-6, e também REICHENBACH, [1944], pp. 27-32.

notar os principais pressupostos de cada uma delas; enfatizaremos as diferenças quanto a questões ontológicas e epistemológicas, referindo-nos aos diferentes tipos de realismo ou instrumentalismo pressupostos por elas. Nessa apresentação não pretendemos colocar juízos de valor, defendendo uma ou outra visão. Nosso intuito é tão somente enfatizar que essas interpretações podem ser muito diferentes quanto às descrições – que pretendem fazer ou não – da realidade e do que podemos conhecer. Além disso, omitiremos os nomes dos físicos vinculados a cada um dos grupos. Essa atitude é motivada pelo caso de Schrödinger, que teve seu nome vinculado a uma dessas interpretações, embora houvesse substanciais diferenças para com a sua posição.

O primeiro grande grupo pode ser denominado ‘Interpretação Ondulatória’. *Grosso modo*, para essa interpretação a luz, ou os elétrons, antes do instante da detecção, se propagam como ondas. Entretanto, são detectados como ‘pacotes de onda’, parecendo partículas. Pode-se dizer que é uma interpretação com pressupostos em certo sentido realistas, por afirmar que a ‘natureza’ dos objetos quânticos seria ondulatória. Isto é, essa interpretação faz afirmações sobre a realidade, entendendo que a Ciência está em condições de investigá-la – e, portanto, poderíamos ter conhecimento sobre a natureza dos objetos – o que estaria de acordo com o realismo científico.

A ‘Interpretação Corpuscular’, ao contrário da ondulatória, afirma que fótons e elétrons são partículas. O padrão de interferência, tipicamente ondulatório, é explicado pela interação com os anteparos; essa interação seria responsável pela mudança de trajetória dessas partículas, formando esse padrão. Essa interpretação também pressupõe realismo, mas pode admitir, em algumas versões, que a Ciência tenha suas dificuldades em conhecer a realidade ‘em si’ por completo, considerando que admite que um distúrbio nos faz ‘perder’, *grosso modo*, a trajetória de uma partícula. Esse reconhecimento de impossibilidade de conhecer totalmente a realidade ‘em si’ afastaria o realismo científico absoluto, ou ingênuo, como por vezes é chamado.

Essa interpretação usa os distúrbios interacionais como explicação para o aparecimento do padrão de interferência⁷⁰, admitindo que fugisse de nosso controle conhecer a realidade por completo, de certa forma. Para essa interpretação, certos aspectos da natureza dos objetos ficam obscuros ao nosso conhecimento, principalmente devido

⁷⁰ Há problemas com a aceitação dessas explicações, no entanto; o padrão de interferência envolve ‘ordem’, enquanto que os distúrbios são aleatórios.

às dificuldades causadas pelos distúrbios interacionais, característicos e difíceis de ser afastados na Física Quântica.

A ‘Interpretação Dualista-Realista’, por sua vez, parece criar um objeto diferente, uma espécie de combinação de partícula e onda. A explicação dessa interpretação é a de que uma partícula sempre se propaga com uma onda associada; metaforicamente, tal como uma ‘surfista’. Sua trajetória, no entanto, apesar de bem definida, pode não ser conhecida, e isso é admitido pela interpretação. O que é detectado ao final do experimento são as probabilidades de se encontrar as partículas em regiões em que as ondas não se cancelam, isto é, regiões que apresentam não apresentam interferências completamente destrutivas.

As probabilidades são explicadas, nessa interpretação, como parte da maneira que a teoria faz com que vejamos a realidade, por assim dizer. Mas ainda se mantém que haveria uma realidade ‘em si’, embora não a consigamos alcançar. Apesar de romper com os padrões clássicos de partícula e onda, essa interpretação continua tendo pressupostos realistas. Admitir a indefinição nas trajetórias, todavia, sugere que não poderíamos conhecer tudo sobre a realidade, afastando também um pouco o realismo científico absoluto.

O quarto – e último – grupo que citaremos parece afastar completamente o realismo científico e não considera que possamos conhecer a realidade ‘em si’; aliás, nada poderíamos falar a esse respeito, segundo essa interpretação. Trata-se da ‘Interpretação da Complementaridade’. Essa interpretação não diz da ontologia dos objetos quânticos, mas classifica apenas os ‘fenômenos’; o que parece se aproximar mais do instrumentalismo. No experimento das duas fendas, o fenômeno é considerado ondulatório, pois não há como definir as trajetórias dos objetos. A detecção pontual se deve ao Postulado Quântico, previsto na teoria.

Conforme observamos na seção **2.3.**, a complementaridade consiste em afirmar que um fenômeno não poderia ser considerado ondulatório e corpuscular, ao mesmo tempo, no mesmo experimento. Mas admite que em tempos diferentes, ou em experimentos diferentes, pode-se considerar um fenômeno ou como ondulatório ou como corpuscular. Essa interpretação não afirma que a natureza dos objetos é ‘ondulatória’ ou é ‘corpuscular’, pois as caracterizações dos fenômenos podem mudar de acordo com o experimento e o momento em que ele é feito. É o caso da luz: não se afirma que sua natureza é ondulatória ou corpuscular, mas que ela pode apresentar fenômenos dos dois tipos.

Admitir a complementaridade, portanto, aproxima essa interpretação do instrumentalismo de teorias científicas.

Ao contrário da interpretação Dualista-Realista, no entanto, para o grupo que defende a complementaridade não importa se a realidade de fato é assim como detectamos. Esse grupo considera que, em Física, deve-se trabalhar com os dados obtidos em experimentos, e nada mais; a ‘verdadeira ontologia’ desses objetos está fora de questão. Apesar de abandonar o realismo científico, essa interpretação não abandonou as caracterizações de ‘fenômeno ondulatório’ e ‘fenômeno corpuscular’, como entendidos na Física Clássica, com a diferença de serem complementares. Essa interpretação pode ser identificada com algumas ideias do grupo de Copenhague.

Reichenbach ([1944], pp. 32-3) faz uma classificação das interpretações em ‘restritivas’ e ‘exaustivas’. As ‘exaustivas’ seriam aquelas que pretendem dar uma descrição completa tanto de fenômenos quanto do que ele chama de ‘interfenômenos’. Segundo Reichenbach ([1944], p. 21), os fenômenos seriam mais facilmente inferidos dos dados macroscópicos, enquanto que os interfenômenos seriam obtidos por cadeias inferenciais mais complexas. Já as interpretações restritivas pretenderiam referir-se somente aos fenômenos. O próprio Reichenbach ([1944], p. 40) identifica esse último tipo de interpretação com a de Bohr e Heisenberg.

Reichenbach parece ter chegado mais perto de captar uma mudança no conceito de interpretação durante o desenvolvimento da Física Quântica; no entanto, ainda não podemos dizer se o sentido em que ele diferencia as interpretações é o mesmo em que o fazemos. Mais recentemente, outro filósofo da Ciência, Bas Van Fraassen, ao se perguntar sobre o que atualmente poderia ser considerado como ‘interpretação’ em Ciência – com o intuito de desenvolver a própria interpretação da Mecânica Quântica – afirma:

“a necessidade interpretativa de *O que está acontecendo realmente (de acordo com essa teoria)?* ou o mais modesto *Como o mundo poderia possivelmente ser da maneira que a teoria diz que ele é?* não desaparecerá se o objetivo da Ciência for nos ajudar a construir e revisar nossas imagens do mundo” (VAN FRAASSEN, [1991], p. 9, grifos do autor).

Logo após essa afirmação, Van Fraassen escreve em nota que só considera importante a segunda questão destacada na citação acima, porque a primeira o comprometeria com a necessidade de unicidade de interpretações. Ainda segundo Fraassen ([1991], p. 483, nota de fim 5), não é preciso comprometer-se com uma só interpretação; é mais interessante refletir sobre quais interpretações são mais ‘tenazes’, capazes de se sustentar, para nós. Nesse sentido, a posição de Van Fraassen quanto ao que é uma interpretação em Ciência parece adequar-se ao quadro que vemos quando tomamos o conjunto das interpretações da Física Quântica. Nem toda interpretação sugerida poderia ser aceita – há o requisito da tenacidade – e ao mesmo tempo não haveria motivo para exigir a unicidade.

Esses dois autores nos ajudam a notar o importante fato de que o conceito de interpretação usado nas discussões sobre Física Quântica difere daquele apresentado pela Filosofia da Ciência ‘tradicional’. A filosofia de Van Fraassen, nesse ponto, já parece fazer parte de uma nova tendência. Além disso, a diferença entre os conceitos, incluindo seu uso, parece ser fruto da própria dinâmica da Ciência, a que a Filosofia da Ciência precisa se ater caso pretenda produzir reflexões que não sejam um retrato demasiadamente abstrato da prática científica. A seguir, pretendemos ressaltar de que forma o conceito tradicional de objetividade científica, conforme apresentado aqui, parece incompatibilizar-se com o caso da Física Quântica.

2.8. Incompatibilidade entre Física Quântica e objetividade tradicional

O desenvolvimento da Mecânica Quântica abalou alguns pilares que ajudavam a sustentar não só a Física Clássica, em se tratando de Física Atômica, mas também a própria Filosofia da Ciência tradicional. Esta havia sido edificada sobre uma visão da Ciência sustentada por uma tradição filosófica e também científica. A imagem da Ciência mudou, em muitos aspectos, com o desenvolvimento da Física Quântica, permitindo o questionamento de certos dogmas. Schrödinger chegou a afirmar que as novas descobertas dessa época não seriam tão interessantes em si, mas “o que é apaixonante, novo, revolucionário, é a atitude geral que somos forçados a adotar quando tentamos sintetizá-las” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 31). Reichenbach disse que os fundamentos

da Física Quântica teriam ido muito além dos princípios da Física Clássica “do que a teoria da relatividade jamais fez em sua crítica do espaço e do tempo”, além de afirmar que “com essa teoria se havia conseguido algo que era contrário aos conceitos tradicionais de conhecimento e realidade” (REICHENBACH, [1944], pp. v-vi).

O experimento das duas fendas é um exemplo de que o ‘mundo quântico’ começava a revelar suas estranhezas para os cientistas. Depois de imaginar o experimento e seus resultados, ficamos com a sensação de não podermos afirmar que uma das interpretações, quanto à natureza da luz, ondulatória ou corpuscular, é a verdadeira. Essa sensação de ignorância se tornaria uma das marcas essenciais da Física Quântica. Noções como causalidade, determinismo e retrodição, fundamentais na Física Clássica, são afrontadas através de experimentos quânticos⁷¹. Desafiando a causalidade, os resultados já não são os esperados pela intuição, ou mesmo pelo raciocínio, do cientista; desafiando o determinismo, são apenas resultados prováveis, e já não é mais possível, sempre, reconstruir as trajetórias dos objetos, como enuncia a retrodição clássica.

A dualidade onda-partícula, evidenciada no experimento das duas fendas, representa uma ruptura com conceitos clássicos não só porque concilia características que eram consideradas contraditórias para certas entidades Físicas. Esse e outros princípios quânticos trouxeram a incerteza para a Física; além disso, levaram muitos físicos a abandonar a pretensão de explicar o que haveria ‘por trás’ dos fenômenos: para eles, só se poderia falar sobre o instante da medição⁷². Trata-se de uma espécie de ‘descolamento’ da realidade; isto é, fortaleceu-se a crença de que a Ciência não poderia ter como objetivo descrever fielmente a realidade.

A última afirmação é reforçada diante da mudança no conceito de medição na Física Quântica. A medição na Física Quântica passa a ter caráter primitivo (cf. PESSOA JR., 2003, p. 52). Na Física Clássica, a medição não é parte das teorias; é considerada independente delas. Já na Física Quântica a medição também é parte da teoria e

⁷¹ Apesar de analisarmos apenas dois experimentos mais antigos, muitos outros foram levados a cabo desde então, experimentos estes também bastante intrigantes para as concepções tradicionais. Em Bertlmann & Zeilinger (2002) há diversos artigos, com os quais não trabalhamos aqui, sobre experimentos realizados ao longo da História da Física Quântica, até alguns bem recentes, com macromoléculas.

⁷² Em geral, partilhavam dessa concepção os físicos ligados à Interpretação da Copenhague.

“a maioria dos físicos (...) não se incomoda com esta questão, já que em sua visão o papel primitivo da medição exprime somente o caráter inevitavelmente ‘instrumentalista’ da Física Quântica, que deve descrever ‘experimentos’ e não propriedades intrínsecas dos objetos” (PESSOA JR., 2003, p. 52, grifos do autor).

Podendo ser considerado uma forma de anti-realismo, conforme já comentamos, o instrumentalismo difundido entre os cientistas já parece ser um bom motivo para revisar a noção tradicional de objetividade, uma vez que esta estaria fortemente vinculada ao realismo científico.

Ainda sobre a medição na Física Quântica, não podemos deixar de mencionar o conhecido ‘problema da medição’. Sem entrar em detalhes sobre esse problema cuja discussão é extremamente controversa⁷³, pode-se dizer que o problema surge quando se questiona “como ocorre o colapso associado a uma medição” (PESSOA JR., 2003, p. 57). A origem do problema, portanto, está na afirmação de Heisenberg de que, no momento da medição, ocorre um ‘colapso’, e um estado de superposição é transformado em um estado com valor bem definido para a grandeza medida (Ibid.). Pensando no experimento das duas fendas para elétrons, no instante em que colocamos os detectores de trajetória, o estado que antes era de superposição das trajetórias 1 e 2, cuja probabilidade era expressa pela equação (1), ‘colapsaria’⁷⁴ em uma das duas trajetórias, passando esta trajetória, resultante do colapso, a ser bem definida.

Na discussão sobre esse problema, aparece a questão: poderia o observador provocar esse colapso, de alguma forma? O surgimento dessa indagação já permite questionar a noção tradicional de objetividade, segundo a qual o sujeito não pode interferir com seu objeto de estudo. O caráter primitivo da medição também permite questionar se os fatos observados teriam total independência com relação às teorias, já que elas pretenderiam explicar uma realidade independente. Isso nos

⁷³ Nos capítulos 8 e 9 de Pessoa Jr. (2003) é discutida a problemática da medição em Física. Há uma discussão do tema também em Albert (1993), cap. 4. Schrödinger aborda o problema da medição em Schrödinger, [1954c]; há também alguns comentários sobre o tema em Bitbol (1995), pp. 13-18.

⁷⁴ Segundo Pessoa Jr., o termo usado no formalismo é ‘redução de estado’, sendo que o termo ‘colapso’ estaria comprometido já com alguma interpretação (cf. PESSOA JR., 2003, p. 36). No caso de se falar em colapso de onda, seria uma interpretação ondulatória.

leva a retomar os principais pontos que consideramos problemáticos na noção tradicional de objetividade científica, a saber: as distinções sujeito/objeto e fatos/teorias.

O dogma da distinção sujeito/objeto parece ser ameaçado, portanto. Podemos dizer que mesmo a barreira, talvez artificialmente imposta pela Ciência, entre o sujeito pesquisador e o objeto de pesquisa, começava a ser ameaçada. A interação passava a ser admitida no cerne da teoria, embora a questão da interação seja vista de maneiras diferentes dentro das diversas interpretações. Voltamos a insistir que, do ponto de vista filosófico, no quadro geral da Física Quântica a questão da distinção sujeito/objeto é discutível. E essa ameaça de rompimento leva diretamente a uma necessidade de revisão do conceito de objetividade científica.

Por sua vez, o estabelecimento do princípio da incerteza revela que os fatos ou objetos da Física Quântica seriam assumidamente influenciados pela teoria, o que abalaria o dogma da distinção fatos/teorias. Esse princípio quântico, assim como outros, como a superposição e o postulado quântico, condiciona o objeto. Bohr afirmou que “ao se interpretar observações, uso tem sempre que ser feito de noções teóricas” (BOHR, [1928], p. 136). Pode-se dizer que a Física Quântica toma ‘fatos observados’, a saber, resultados de experimentos, e constrói a partir deles objetos que são condicionados aos seus postulados, e essa visão era difundida entre os cientistas já à época do desenvolvimento inicial da Física Quântica.

É válido questionar se não seria assim também na Física Clássica, mas o fato é que a Física Quântica já não parece permitir que se escondam os ‘andaimes’ dessa construção. Isso é compatível, conforme comenta Bitbol, com a posição de Schrödinger a partir de 1926, pois

“ele se tornou gradualmente consciente (...) de que os andaimes preliminares, intelectuais e operacionais, das teorias físicas, não seriam tão facilmente varridos para baixo do tapete quanto foram anteriormente” (BITBOL, 1996, p. 28).

A sugestão do rompimento com a distinção fatos/teorias fica ainda mais evidente se levarmos em conta as inúmeras controvérsias entre os partidários das diferentes, e cada vez mais numerosas, interpretações da Mecânica Quântica não-relativística. A possibilidade de múltiplas interpretações sugere fortemente que cada uma delas –

aliando pressupostos epistemológicos e ontológicos – reunida ao formalismo mínimo da teoria, ‘cria’ os fatos que julga explicar. Entendemos aqui ‘fatos’ não como ‘dados’ ou ‘evidências’, que seriam observados nos experimentos, mas o que se julga haver ‘por trás’ deles. Os ‘fatos’ constituiriam a realidade, e fazem parte das explicações científicas, a nosso ver. Por exemplo, afirmar que a matéria é constituída de átomos conforme idealizados por Bohr é uma afirmação em nível dos fatos, da maneira que estamos entendendo aqui. Um exemplo de afirmação em nível dos dados seria ‘uma placa de metal atingida por luz produz certa corrente elétrica’⁷⁵. Quanto aos dados obtidos nos experimentos, há concordância, mas quanto ao que chamamos ‘fatos’ não; alguns podem dizer mesmo que não faz sentido afirmar nada sobre esses fatos. Cada uma das interpretações se compromete, ou não, com uma realidade diferente, por assim dizer. Em virtude da adequação que elas mostram com os experimentos, essas ‘realidades’ diferentes poderiam coexistir epistemologicamente, isto é, podem ser consideradas igualmente admissíveis. A notável reviravolta epistemológica que a Física Quântica parece ter tido a capacidade de proporcionar sugere que se adote uma postura mais falibilista na Filosofia da Ciência.

Apesar da importância da Física Quântica, motivando a revisão desses dogmas, seria incoerente dizer que a incompatibilidade ocorre apenas a partir do seu advento. Schrödinger defende, com respeito à distinção sujeito/objeto, que “sujeito e objeto são apenas um. Não se pode dizer que a barreira entre eles foi derrubada como resultado da experiência recente nas Ciências Físicas, pois essa barreira não existe” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 140). Acreditamos que a análise das questões aqui levantadas é um estímulo à revisão do conceito de objetividade na Física e na Ciência em geral, e também de muitos conceitos que foram tratados tradicionalmente de forma normativista pela Filosofia da Ciência.

No próximo capítulo, vamos expor algumas ideias filosóficas de Schrödinger, a fim de procurar compreender sua visão sobre a construção dos objetos da Ciência Física. Vamos prestar atenção também à rejeição, que parece ser possível identificar em seu pensamento, com respeito às distinções acima mencionadas.

⁷⁵ Os dados podem ser considerados ‘fatos’, especialmente em outros experimentos. Não vemos uma distinção clara entre os dois termos, principalmente porque podemos considerar que os dados dependem da teoria e contêm já termos ‘interpretáveis’. Somente introduzimos essa diferença para salientar que se trata de dois níveis diferentes, mesmo que não possamos distinguir claramente entre dados e fatos.

3. ALGUMAS IDEIAS FILOSÓFICAS DE ERWIN SCHRÖDINGER

“Sê filósofo, mas, em meio a toda a tua filosofia, não te esqueças de ser homem.”

David Hume,

Investigação sobre o Entendimento Humano.

3.1. A trajetória de Schrödinger

Nesta seção, não temos o intuito de explorar detalhes da biografia de Schrödinger, mesmo com respeito à sua carreira como cientista e professor. Achemos por bem preservar o caráter que ele mesmo deu aos seus fragmentos autobiográficos, destacando as influências familiares e os momentos marcantes decorrentes do contexto em que viveu e que, como ele mesmo destacou, tiveram influência sobre sua maneira de pensar. A filha mais velha de Schrödinger, Ruth Braunizer, parece ter herdado do pai a preferência por essa abordagem. Quando escreve “Erwin Schrödinger: some elements of biography” (1992, p. 3), ela afirma não gostar de biografias; dizendo que podem ser muito distorcidas e além de tudo, são entediantes. O que faz em seu texto, considerando mais proveitoso, é “voltar no tempo e dar uma olhada nas influências decisivas a que ele foi exposto durante a sua vida e tentar lembrar o que ele queria para si mesmo” (IBID.). E segundo ela, a maior influência foi a atmosfera de Viena na virada do século e no fim dos anos 1920.

Nascido em Viena, Áustria, em 1887, Schrödinger não só testemunhou como participou ativamente da fervilhante virada do século. O ambiente intelectual de Viena era riquíssimo à época, como se sabe, e tendo Schrödinger também um ambiente igualmente propício em casa, teve o solo perfeito para desenvolver sua genialidade. E não nos referimos apenas ao seu talento para a Matemática e intuição física, mas também seu inegável talento como escritor, visível desde os seus primeiros textos, além de sua formação culturalmente ampla.

Em seus “Fragmentos autobiográficos”, de 1960, ele menciona várias vezes a influência de seus pais sobre sua formação:

“minha infância e adolescência (1887-1910, mais ou menos) foi principalmente influenciada por meu pai, mas

não da maneira educacional usual e sim de forma mais comum. Isso se deveu a ele passar mais tempo em casa do que a maioria dos homens que trabalham para viver e também ao fato de eu ficar em casa” (SCHRÖDINGER, [1960], p. 183).

Boa parte de sua educação se deu através de professores particulares e dos próprios pais. Seu pai principalmente, dono de um negócio familiar de produção de tecidos e muito entusiasta da Ciência – especialmente botânica (cf. WICK, 1995, p.25), o influenciou muito nas inclinações científicas. Schrödinger ([1960], p. 184) acreditava dever muito de seu espírito científico e da qualidade da sua educação ao contato com a família, e se manifestou contra os regimes de internato escolar. O tempo em que ficou em casa com o pai foi fundamental; segundo ele:

“pouco eu teria aproveitado da escola se ele não estivesse ali. Ele na verdade sabia muito mais do que a escola tinha para oferecer, não porque fora forçado a estudar trinta anos antes, mas porque ainda mantinha vivo seu interesse” (SCHRÖDINGER, [1960], p. 184).

Seus pais também estimularam sua tendência curiosa e exploradora em viagens ao exterior, as quais também renderam aprendizado. Schrödinger aprendeu inglês com uma tia, ainda criança, segundo ele “muito antes que soubesse escrever em alemão, e muito menos em inglês” (SCHRÖDINGER, [1960], p. 185). Ele conta que em passeios, sua mãe fazia um jogo: “agora vamos falar inglês por todo caminho, nem uma palavra em alemão” (SCHRÖDINGER, [1960], p. 185). Sua mãe também transmitiu a ele o gosto pela música; era violinista e, segundo Ruth Braunizer (1992, p.6), tocava maravilhosamente.

A família de Schrödinger, portanto, o estimulava continuamente a uma formação intelectual completa, não de maneira fria e distante, mas sim próxima e calorosa. Sua curiosidade científica e filosófica pôde desenvolver-se não por obrigação, mas por prazer. Isso certamente influenciou muito seus trabalhos, em que mostra não esquecer o caráter humano da Ciência. Em “Science, Art and Play”, afirma: “uma porcentagem longe de ser negligenciável e gradualmente crescente dos homens que se devotam aos estudos científicos são também seres humanos que compartilham em geral do mundo de ideias da época”

(SCHRÖDINGER, 1935b, p. 31). Mas não é somente em frases como essa, em que essas ideias aparecem expressas explicitamente, que percebemos a valorização do humano para Schrödinger; é possível identificá-la também indiretamente, em exemplos e em seu estilo de escrever. A passagem em que Schrödinger ([1951], pp. 38-39) fala sobre o ‘cão dinamarquês de ferro’ mostra a valorização do afeto familiar, expresso na história de um objeto passado de pai para filho. Outro exemplo é a narração de uma experiência de ilusão de ótica dentro de um ônibus (cf. SCHRÖDINGER, [1954b], p. 148), em que se percebe a pessoalidade de seu estilo; escreve como se procurasse dividir a experiência com um velho conhecido.

Além de marcadamente familiar e pessoal, a formação de Schrödinger também foi ampla, relativamente às áreas do conhecimento. Mais tarde, em *Science et Humanisme*, [1951], Schrödinger também aponta o prejuízo que a falta de uma formação como essa poderia trazer tanto para a Ciência quanto para a educação. Segundo ele, as mesmas pessoas responsáveis pela educação das crianças são as que acreditam ser a única tarefa da Ciência criar novas máquinas para dar conforto à humanidade. Além disso, “abandonam essa tarefa aos especialistas, exatamente como deixam ao encanador o cuidado de consertar seus canos” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 30). No entanto, ele reconhece que “a especialização não é uma virtude, mas um mal inevitável; uma pesquisa especializada não tem valor real senão no contexto da totalidade integrante do saber” (SCHRÖDINGER, [1951], pp. 27-28). Falaremos mais a respeito da visão que Schrödinger expressou sobre a Ciência na seção 3.4.

Nota-se, nos escritos de Schrödinger, a influência que ele próprio atribui ao tipo de formação, mais generalista, que teve. Ruth Braunizer também destaca esse ponto: “meu pai temia isso [a especialização] e esforçou-se para ser um generalista em todos os aspectos. Mas essa era a marca da sua geração” (BRAUNIZER, 1992, p. 6). Quando fala sobre o período de sua formação na Universidade de Viena, em que ingressou em 1906, Schrödinger ([1960], pp. 186-187) destaca as aulas a que assistia: o curso de Física de Hasenhörl, sucessor de Boltzmann⁷⁶, todas as aulas de Matemática que podia, além de aulas de química e palestras sobre Espinosa. Além disso, Schrödinger ([1960], pp. 177-178, 184) inicia “Fragmentos Autobiográficos” fazendo alusão às leituras e

⁷⁶ Ludwig Boltzmann (1844-1906) suicidou-se pouco antes do ingresso de Schrödinger na Universidade de Viena (cf. WICK, 1995, p. 25).

conversas filosóficas que teve durante o período universitário com seu melhor amigo Fränzel, o qual era estudante de botânica e com quem discutia genética e evolucionismo, que o interessavam desde a adolescência, quando da leitura de *A Origem das espécies*. São comuns também as citações de outros textos literários e filosóficos em seus escritos, o que mostra a amplitude de sua formação cultural⁷⁷.

Em 1914, Schrödinger foi convocado para a primeira guerra mundial. Ele não relata muitas experiências desse período. Por outro lado, relata outra experiência marcante: a proclamação da república na Áustria, em 1918. Segundo Schrödinger ([1960], pp.179-182), esse pós-guerra foi um período de crise no país, em que até as necessidades básicas faltavam aos vienenses.

A partir dessa época, Schrödinger trabalha em várias universidades, incluindo Zurique e Berlim, e desenvolve seus escritos em Mecânica Estatística, Teoria Atômica, Mecânica Quântica e Relatividade, entre outros (cf. WICK, 1995, p.26). Em 1933 recebe o prêmio Nobel. Em 1938, recebe um convite para lecionar em Oxford e outro para Dublin, aceitando este último, por não considerar a situação boa para ele na Inglaterra, em virtude da segunda guerra mundial. Schrödinger permaneceu em Dublin até 1956, quando retornou a Viena, onde veio a falecer em 1961. Schrödinger ([1960], pp. 191-192) refere-se ao período em Dublin com satisfação, dizendo que este foi muito produtivo e feliz. Segundo Ruth Braunizer,

“na bela cidade de Dublin encontramos não só refúgio do horror e perigo, mas um segundo lar, o qual eu por um longo tempo considerei como o único. Nós passamos tempos felizes lá, tanto quanto era possível com a segunda guerra mundial destruindo tudo ao redor” (BRAUNIZER, 1992, p. 8).

É em Dublin que Schrödinger escreve os textos mais importantes para seu projeto filosófico, e é neles que nos concentraremos para tentar compreender um pouco de suas ideias. Referiremo-nos também a outros textos em que ele já dava indícios de defender aquelas que viriam a ser suas últimas concepções. Começaremos a esboçá-las na próxima seção.

⁷⁷ Schrödinger cita *Ape and Essence*, de Aldous Huxley (cf. SCHRÖDINGER, [1951], p.24) e também *La rebelión de las masas*, de Ortega y Gasset (cf. SCHRÖDINGER, [1951], pp. 26-27), por exemplo.

3.2. A construção dos objetos cotidianos⁷⁸

“Deveria ser real ou então uma ilusão tão bem urdida que se tornava impossível distingui-la da realidade. (...) aquilo tudo era ilusório, forjado de maneira fantasticamente cuidadosa. Imaginou que não se destinava a enganar e sim a tranquilizar.”

Arthur Clarke,

2001 – Uma Odisseia Espacial.

Tendo em vista o volume e a profundidade dos textos filosóficos que Schrödinger redigiu ao longo de sua vida, certamente não será possível nesta dissertação esgotar a interpretação de seus escritos. Procuraremos, em uma primeira aproximação às suas ideias, e com o apoio dos textos de Bitbol, em que comenta essas obras, chegar ao esboço de uma caracterização de seu projeto epistemológico, dando sempre especial ênfase aos aspectos que nos interessam, considerando o tema da dissertação: a objetividade científica. Futuramente, pretendemos nos aprofundar mais no estudo de outros aspectos de seu pensamento.

A fim de procurar compreender melhor as ideias de Schrödinger com respeito à construção dos objetos da Ciência, é importante observar sua perspectiva quanto aos objetos cotidianos. Segundo Bitbol,

“o desvio pelo objeto familiar, visível e tangível, terá a vantagem de oferecer um esboço de referência sobre o qual se tornará em seguida fácil de reparar as lacunas ou as zonas de sombra pelas quais o suposto objeto da Física Quântica é afetado” (BITBOL, 1992b, p. 42).

E é de fato pela análise do objeto familiar que o próprio Schrödinger inicia sua exposição em “Conceptual Models in Physics and their Philosophical Value”, de 1928.

Motivado pela pergunta sobre a existência real de elétrons e átomos, Schrödinger inicia sua exposição questionando em que sentido se diz que um objeto, como uma cesta de frutas, por exemplo, é real. E responde dizendo que reconhecemos um objeto palpável, do cotidiano,

⁷⁸ Bitbol (1992b) utiliza o termo ‘coisa’ ao se referir ao que estamos chamando de objetos cotidianos.

tal como uma cesta de frutas, com base não somente em sensações imediatas, mas em algumas expectativas também:

“Uma análise mais exata mostra que essa cesta de frutas é realmente nada mais que uma *configuração* [*frame*] a qual serve para unir certas percepções sensoriais, algumas das quais são reais [*actual*], enquanto que a maioria é apenas virtual; e antecipamos suas ocasionais ocorrências em relações definidas umas com as outras” (SCHRÖDINGER, [1928], p. 119, grifo do autor).

Essa passagem de Schrödinger é filosoficamente sofisticada e densa, embora seja de um de seus primeiros textos com caráter filosófico. Em uma primeira análise, acreditamos que Schrödinger dá a entender nela que o objeto cotidiano é uma configuração, ou uma construção, montada por nós. Essa configuração seria constituída através de sensações reais (isto é, o que percebemos por meio dos sentidos) e também de percepções que ele chama de virtuais⁷⁹, que corresponderiam às nossas expectativas com relação ao objeto, por exemplo, o que imaginamos poder fazer com ele. Além disso, Schrödinger ([1954d], p. 94) inclui aí também nossas expectativas sobre as percepções que outras pessoas têm dos objetos. Segundo ele ([1928], p. 120), relacionamos essas expectativas às nossas sensações reais e assim é construído o nosso ‘objeto real’. Teríamos, portanto, algumas percepções reais, sendo estas suplementadas por percepções virtuais, as duas aparecendo unidas num complexo visto como independente do sujeito, o objeto existente. Ou seja, a existência, ou realidade, do objeto, não dependeria somente das sensações que ele é capaz de provocar. Sua realidade independente já está descartada, portanto, para Schrödinger.

O autor ainda ressalta que a maior parte desse processo é inconsciente, pois “nós geralmente não estamos conscientes de todas essas expectativas; as focamos inconscientemente dentro do que chamamos uma cesta de frutas a qual realmente existe” (SCHRÖDINGER, [1928], p. 120). Iniciaríamos a construção das coisas cotidianas através

⁷⁹ Em Bitbol (1992), p. 47, o autor faz uma conexão do pensamento de Schrödinger com a fenomenologia de Merleau-Ponty; essa aproximação é sugerida pelo uso que ele faz dos termos ‘virtual’ e ‘expectativas’. Analisar se essa aproximação é adequada foge aos objetivos deste trabalho; no entanto, a proposta dessa conexão já sugere que, na epistemologia de Schrödinger, a configuração de um objeto depende também do sujeito.

da experimentação, ainda bebês. Portanto essas expectativas seriam, inicialmente, instintivas e o conhecimento através da ação (saber como) tem papel fundamental nesse processo, o que pode ser percebido nesse texto de 1928; nos textos mais tardios, Schrödinger aprimorou essas ideias, como veremos adiante.

Há pelo menos três pontos que vale a pena destacar na citação sobre a cesta de frutas, para compará-los com afirmações de Schrödinger em outros textos. O primeiro é essa noção de configuração – o termo usado na tradução em inglês é *frame*. Em seus textos posteriores, Schrödinger refina esse conceito. Especialmente numa passagem de *Science et Humanisme*, fica mais claro o que Schrödinger tencionava dizer. O trecho a que nos referimos encontra-se em meio a uma discussão da questão da identidade dos objetos⁸⁰.

Numa passagem muito bonita, Schrödinger ([1951], pp. 38-39) cita o exemplo de um peso de papéis feito de ferro, em forma de cão dinamarquês, que fora de seu pai e que agora lhe pertencia. Conta que teve de se desfazer do objeto ao sair às pressas da cidade de Graz certa vez; mas um amigo o guardou e ele o retomou depois. Schrödinger se pergunta como poderia saber, e ele sabia, se era ainda o mesmo objeto com que brincava quando criança. A exposição ao objeto por tanto tempo quando criança e depois de adulto, seu manuseio e suas expectativas com relação a ele, o faziam ter certeza de que era o mesmo. Ele defende que não é a matéria, mas sim a ‘forma’, que dá a identidade: “é visivelmente a *forma* ou a *configuração* (em alemão *Gestalt*) que estabelece a identidade de modo certo, e não o conteúdo material” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 39, grifos do autor).

Percebe-se que o termo ‘forma’, no entanto, tem aí um sentido que vai muito além do geométrico. A palavra alemã *Gestalt* dá essa conotação, referindo-se a um complexo que inclui sensações e percepções, não só atuais como esperadas. O uso desse termo relaciona-se com a maneira com que olhamos para o objeto, ou seja, o ‘ver como’⁸¹. Chegamos então ao segundo ponto que gostaríamos de tratar: o que vêm a ser essas sensações e percepções para Schrödinger.

⁸⁰ A questão da identidade e da individualidade na Física é tema constante nos escritos de Schrödinger. Esta discussão será comentada apenas brevemente na seção 3.5., quando voltaremos a falar nas questões relativas à Física Quântica. Uma referência sobre o assunto é o texto de French & Krause (2006), que traz uma seção (3.6) dedicada ao problema da identidade em Schrödinger.

⁸¹ Falaremos mais sobre a noção do ‘ver como’ na seção 4.1., ao abordar a distinção fatos/teorias.

Ele particularmente não é claro em distinguir esses dois termos. Mas, para Bitbol (1992b, p. 43), o emprego dos dois revela que Schrödinger não os considera sinônimos. Ele os diferenciaria, e isso teria consequências para sua concepção a respeito do objeto real: “os ‘elementos’, que ele chama também de material de edificação do mundo, não se limitam, segundo ele, às sensações e às imagens, mas devem também englobar o *pensamento*” (BITBOL, 1992b, p.45, grifos do autor). Ou seja, quando Schrödinger inclui as ‘percepções virtuais’ nessa configuração, que constitui para ele o objeto, está incluindo não só sensações imediatas, conforme vimos, mas desde expectativas de sensações até o seu uso esperado. Em outro texto, Schrödinger também inclui nesse complexo as expectativas que temos das percepções de outros sobre os objetos, dando a entender melhor toda a amplitude que imaginava para ele. Nesse texto, usa como exemplo seu próprio braço:

“como objeto material [este braço] não é somente composto de sensações diretas que eu tenho, mas também de sensações imaginadas que eu teria se o fizesse virar, se o deslocasse, se o visse sob todos os ângulos; além disso, ele é composto de percepções que, segundo o que imagino, você tem dele” (SCHRÖDINGER, [1954d], p. 94).

Ainda com relação ao exemplo da cesta de frutas, o terceiro ponto que gostaríamos de destacar é o caráter dependente que o objeto real teria, assim constituído. Segundo Bitbol (1992b, p. 49), Schrödinger usaria a palavra ‘construção’ aludindo ao fato de que a constituição do objeto real teria um ponto de partida ‘empírico’, progredindo então a partir desse material. O termo ‘construção’ parece ter um sentido até mesmo metafórico, portanto, em que os elementos seriam os ‘tijolos’ dessa construção. Bitbol parece usar o termo ‘empírico’ num sentido semelhante ao que usa referindo-se à Física, quando é alusivo aos experimentos científicos. Neste caso, parece que há uma analogia dos experimentos da Física com a experiência humana. O fato de Bitbol afirmar que esse material de construção deveria incluir o ‘pensamento’ reforça a ideia de que tanto a experiência humana quanto a científica, para Schrödinger, poderia ser algo mais amplo que o que ordinariamente se entende por ‘empírico’, mas que englobaria também processos internos ao ser humano.

Essa construção seria, ao menos de início, inconsciente, e mais resultante de comportamento que de método, não se tratando de construção ou redução lógica, portanto (cf. BITBOL, 1992b, p. 48). É importante qualificar, então, o uso da palavra ‘construção’. Schrödinger não se refere neste caso a processos conscientes, como seria o caso de uma tentativa de reconstrução lógica. Ele está mais interessado em levantar hipóteses sobre como de fato se daria o conhecimento dos objetos cotidianos.

Sobre o significado do termo ‘construção’, Bitbol afirma que “o único modo de entender seu sentido no caso da ‘coisa’ da vida cotidiana seria aquele que propõe Schrödinger, a saber, a imersão do processo construtivo em um inconsciente historicamente determinado” (BITBOL, 1992b, p. 52). Segundo Bitbol (Ibid.) esse apelo ao inconsciente, ao genético, ao histórico, afasta Schrödinger do sentido lógico de ‘construção’. E acrescentamos que a alusão aos comportamentos, além da forma como ele coloca a experiência como fundamental nesse processo, tornam sua concepção singular.

Um sistema como esse para explicar o conhecimento dos objetos cotidianos, atribuindo-o à experiência individual, corre o risco de ser acusado de solipsista. Ou seja, há o perigo de que esse sistema resulte que cada sujeito faça a sua própria construção, terminando em um relativismo total. Há várias concepções, e pode-se dizer vários graus, de relativismo, mas nos referimos aqui à posição filosófica em que se acredita que várias concepções diferentes sobre algum tema podem ser aceitas. Não entendemos que essa seja necessariamente uma característica desvantajosa na Filosofia, desde que não implique em trivialização. O último termo, ‘trivialização’, é emprestado da lógica, significando que, *grosso modo*, em um sistema trivializado, tudo é válido. Se junto com o relativismo houver restrições que impeçam essa trivialização, ele se torna uma vantagem, que permite certa mobilidade.

No entanto, o projeto epistemológico de Schrödinger estaria seguramente livre do solipsismo. A citação anterior em que Schrödinger destaca o papel das expectativas de outras pessoas já é um indício desse fato. Além do que, todos os seres humanos seriam levados a fazer a mesma construção, por meio do que Schrödinger chama de ‘formação de invariantes’, processo em sua maior parte inconsciente, especialmente no início.

Segundo Bitbol (1992b, p.53), essa formação de invariantes consiste em adquirir a ideia da ‘coisa’ cotidiana buscando a invariância,

negligenciando as muitas nuances do objeto para chegar a um perfil privilegiado. Esses invariantes passam a ser identificados com a própria coisa. Também haveria a utilização dos invariantes para ‘corrigir’ percepções visuais, e não o contrário; não formamos novos invariantes cada vez que uma pequena variação do objeto nos aparece. Uma vez adquirido o invariante, ele é usado como uma espécie de norma.

A formação de invariantes teria início com o próprio indivíduo, estendendo-se logo para invariantes mútuos, comuns a indivíduos que mantêm contato social (cf. SCHRÖDINGER, [1954b], p. 146). Tal processo culminaria em uma unicidade do mundo⁸². Schrödinger diz que a formação de invariantes é

“um comportamento que adotamos desde a mais tenra infância [*earliest babyhood*], desenvolvemos à alta perfeição, e usamos a todo minuto desperto de nossas vidas, para nos orientarmos nas coisas que nos rodeiam diariamente” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 146).

Schrödinger diz que se trata de um ‘comportamento’, portanto, pois não é totalmente consciente, a não ser na Ciência, em que alcança seu nível mais alto de sofisticação. Ademais, esse processo se tornaria invisível na vida adulta, pois o usamos sem perceber o tempo todo para lidar com os objetos do cotidiano ao nosso redor. Ele ainda completa que o processo seria muito difícil de descrever, por sua complexidade, e principalmente por ser em grande parte inconsciente. Por essa razão Schrödinger o chamaria “comportamento, não um método (total consciência se aplica somente ao estágio científico)”; e mais adiante reitera que se trata de “um comportamento, que desenvolvemos espontaneamente e inadvertidamente” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 146).

Pode-se dizer então que Schrödinger está tratando a questão por um viés muito mais psicológico, e também epistemológico, do que lógico. Ele não pretende uma reconstrução lógica, mas explica o processo de conhecimento dos objetos cotidianos por um comportamento inconsciente⁸³ que começa a ter lugar na tenra infância

⁸² A partir da tese da unicidade do mundo, Schrödinger chega à unicidade das mentes. Schrödinger dedica um capítulo de *Mind and Matter* a discutir a questão da unicidade da mente; cf. SCHRÖDINGER, [1956], pp. 141-151.

⁸³ É difícil dizer se inconsciente teria sentido psicanalítico para Schrödinger. Os termos usados por ele são “comportamento espontâneo” e “não totalmente consciente no início” (cf.

do ser humano, inicialmente sendo operacionalizada por nossa constituição genética (cf. BITBOL, 1992b, p. 53) e nosso inconsciente, historicamente determinado (cf. BITBOL, 1992b, p. 52), e passa a ser constantemente usado ao longo da vida adulta. Inclusive na Ciência, em que haveria uma continuação desse comportamento. Mas de que forma pode-se conciliar essa abordagem ao conhecimento com uma espécie de realismo⁸⁴? Tentaremos compreender melhor esse ponto na próxima seção.

3.2.1. Realidade como estratégia: o ‘Princípio da Objetivação’

Justamente por não se tratar de método, a construção a que se refere Schrödinger não resultaria em algo fixo e acabado. Segundo ele ([1954d], p. 95), não haveria fim para as percepções e sensações potenciais que cada um poderia ter com relação a um objeto real. Schrödinger afirma que construímos o mundo de objetos cotidianos através de sensações, percepções e reminiscências, portanto a realidade desses objetos não seria independente. No entanto, seria conveniente considerar sua existência objetiva, independente de nós, ou de nossa mente. A conveniência de tal realidade objetiva seria uma estratégia, válida para a vida prática. A dependência dos objetos cotidianos para com a mente que os construiu se revela no fato de que o contrário não pode se dar: não seria possível imaginar que poderíamos partir da existência do mundo e chegar às nossas mentes, pois o mundo “não se torna evidente por sua mera existência. O tornar-se evidente depende [...] de determinados eventos que acontecem no nível do cérebro” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 107).

Apesar dessa dependência, temos a ideia, segundo Schrödinger, de que os objetos permanecem no mundo, da maneira como os concebemos, ainda que não estejamos tendo contato com eles ou pensando neles. Isso ocorreria porque, depois da associação feita, ou seja, depois da construção, “o centro de sensações [...] não é mais

SCHRÖDINGER, [1954c], p. 146). Quando começaria a consciência no ser humano é uma questão que ele não discute, ao menos nos textos investigados nesta dissertação.

⁸⁴ Há atualmente uma discussão profícua sobre como situar a posição de Schrödinger com relação ao realismo ou anti-realismo. BEN-MENACHEM (1992), e BITBOL (1996) abordam o assunto, este último especialmente no capítulo 2. Abordaremos o tema nas conclusões desta dissertação, em virtude da ligação do realismo científico com a noção tradicional de objetividade.

indispensável para preservar a coesão do complexo. O complexo persiste mesmo quando o contato de nossos sentidos com o objeto cessa temporariamente” (SCHRÖDINGER, “What is an elementary particle”, 1950, apud BITBOL, 1992b, p. 51).

Logo, ao mesmo tempo em que, para Schrödinger, a realidade não seria dada pronta e acabada, ela seria construída de uma maneira que, de certa forma, fugiria ao nosso controle. Chamar de realidade e dar uma independência a essas construções é uma espécie de estratégia que temos, a fim de simplificar o problema de lidar com elas: “equivale a uma certa simplificação que adotamos para dominar o problema infinitamente intrincado da natureza” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 132). Apesar desse caráter de hipótese, Bitbol afirma que, para Schrödinger, precisaríamos “tomar esses construtos muito a sério, uma vez que eles são pré-condição para nossa vida” (BITBOL, 1996, p. 14). A partir daí, Bitbol (1996, pp. 14 e 39) defende que Schrödinger teria uma ‘atitude realista’ fundada em uma ‘doutrina anti-realista’; logo, o realismo de Schrödinger seria metodológico, apenas. Ao falar sobre a insistência de Schrödinger na realidade das entidades teóricas, a função de onda⁸⁵, por exemplo, Bitbol (1995, p.4) afirma que não se tratava de realismo metafísico, mas de um realismo científico metodológico, que enfatizaria o valor intelectual dos modelos e representações da Ciência. Não se trata, porém de realismo científico no sentido mais comum, como o que foi apresentado na seção 1.1.

Falamos um pouco no capítulo anterior sobre o realismo científico. Trataremos mais sobre o aspecto metodológico, evidenciado por Bitbol, na seção 3.3.4., pois ele diferencia substancialmente a posição de Schrödinger do realismo científico tradicional. Por ora, é importante nos perguntarmos: por que Bitbol afirma não haver realismo metafísico pressuposto nas concepções de Schrödinger?

Podemos identificar o que Bitbol chama de ‘realismo metafísico’ com o que Pessoa Jr. (2003, p. 100) chama de ‘realismo ontológico’. Segundo ele, essa tese consiste em assumir a existência de uma realidade independente do sujeito. Como pudemos notar, é perfeitamente defensável que a realidade não é independente do sujeito, para Schrödinger. Mas ele concorda em chamá-la de realidade, e admite

⁸⁵ Falaremos mais sobre a ideia schrödingeriana do realismo das entidades teóricas da Ciência na seção seguinte, mas pode-se dizer que se trata do mesmo realismo metodológico aplicável aos objetos cotidianos.

o caráter regulativo que ela teria sobre nossas vidas. É a essa posição que Bitbol se refere com a expressão ‘realismo metodológico’.

Outra tese a respeito da posição de Schrödinger quanto ao realismo é a de Ben-Menahem, que afirma que se trata de uma posição intermediária entre realismo e anti-realismo. Segundo ela, Schrödinger,

“ao mesmo tempo em que descarta qualquer comprometimento ontológico com uma realidade externa objetiva, ele vê o conceito de tal realidade como um construto inevitável, o qual guia nosso pensamento e comportamento.” (BEN-MENAHM, 1992, p. 26).

É importante ressaltar que Schrödinger não concorda com a ideia de que haja uma realidade ‘em si’, independente de nós a ponto de que nunca poderíamos conhecê-la. Logo, essa construção que fazemos é a da própria realidade. Em “O que é vida?”, Schrödinger se refere à ideia difundida de que, por exemplo, uma árvore, não seria na realidade como a vemos, e que nunca saberíamos como ela é ‘em si’: “diz-se que [...] a árvore real projeta uma imagem em minha consciência e é disso que me apercebo [...] o que a árvore é em si mesma nós não o sabemos. Kant é o responsável por essa extravagância” (SCHRÖDINGER, [1943], p.100). Schrödinger afirma que “o mundo me é dado somente uma vez, não uma vez como existente e uma vez como percebido” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 140). Para Schrödinger, a única realidade é esta que conhecemos; não há para ele ‘coisa em si’ incognoscível.

A ideia de que haveria por trás dos fenômenos uma realidade independente de nossa maneira de conhecer, e que esta seria inalcançável para nós, é para Schrödinger consequência de se aceitar a distinção sujeito/objeto: “sua rígida consequência lógica⁸⁶ foi revelada por Kant: a ideia sublime, conquanto vazia, da ‘coisa em si’ sobre a qual nunca saberemos nada” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 140). Discutiremos mais a respeito dessa rejeição dos dualismos, que aparece nas ideias de Schrödinger, no próximo capítulo.

A distinção sujeito/objeto, por sua vez, seria originada no que ele chama de “princípio da objetivação”. Segundo Schrödinger, esse princípio consiste em, inconscientemente, retirarmos o “Sujeito

⁸⁶ A expressão ‘consequência lógica’ não tem sentido técnico aqui; trata-se de uma metáfora para expressar que a distinção sujeito/objeto implica a ideia da ‘coisa em si’.

Cognoscente do domínio da natureza que nos esforçamos por entender” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 132). Esse processo tornaria o mundo objetivo, e passaríamos a olhá-lo como se não fizéssemos parte dele. Trata-se da ‘hipótese do mundo real ao nosso redor’.

Schrödinger afirma que o “princípio da objetivação” é “um dos princípios gerais que formam a base do método científico” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 131). Ele o definiu em “Nature and the Greeks” e depois em “Mente e Matéria” como uma etapa desse processo de simplificação para lidar com a realidade. A compreensão desse princípio é fundamental para nossos objetivos neste trabalho, uma vez que podemos derivar deste princípio a noção tradicional de objetividade, em certo sentido. Discutiremos essa possibilidade nas conclusões desta dissertação.

Os objetos da Ciência também seriam considerados construtos para Schrödinger. No entanto, na interpretação de Bitbol, sua importância não é diminuída, não sendo considerados meros produtos de nossa mente; segundo Bitbol, Schrödinger aconselha a, quando encontrarmos um construto teórico adequado, “pensá-lo exatamente como o mesmo tipo de estrutura⁸⁷ que aquela que você está acostumado a chamar ‘um objeto real’” (BITBOL, 1996, p. 14, grifo do autor). Vejamos como Schrödinger explica esse tipo de construção.

3.3. A construção dos objetos da Ciência⁸⁸

Voltando à pergunta que destacamos no início da seção 3.2: os átomos e elétrons existem? Vejamos de que forma Schrödinger trata a questão, começando por expor brevemente seus pontos de vista iniciais – que aparecem na coletânea de 1935, *Science and the Human Temperament* – quando ainda não havia exposto nada mais elaborado a

⁸⁷ Bitbol utiliza o termo ‘estrutura’, que aqui nos é suficiente entender como uma espécie de configuração. É possível relacionar, no entanto, a abordagem de Schrödinger com uma concepção estruturalista, como em French & Krause (2006), p. 127. A discussão sobre essa possível relação, entretanto, fugiria aos objetivos deste trabalho. Fontes a respeito do estruturalismo, não trabalhadas aqui, são Krause (1997) e Lorenzano y Díez (2002).

⁸⁸ Nesta seção, nos referimos somente às considerações de Schrödinger com respeito às Ciências Físicas e mais especialmente, ao que se costumava chamar de ‘Física atômica’. Logo, sempre que escrevermos ‘Ciência’, estamos nos referindo somente a esse recorte, não tendo a pretensão aqui de abranger objetos de outras Ciências, como Humanas ou Biológicas. Nas conclusões, refletiremos um pouco sobre as consequências dessas ideias para reflexões sobre outras Ciências.

respeito. Em “Conceptual Models in Physics and their Philosophical Value”, que faz parte dessa coletânea, ele afirma crer que “com respeito a objetos da Ciência, não podemos de fato atribuir outro significado que o precisamente indicado ao conceito de ‘realmente existentes’” (SCHRÖDINGER, [1928], p. 120). No fim da seção 3.2.1., vimos uma referência de Bitbol que reforça a ideia de que os objetos da Ciência são colocados por Schrödinger no mesmo patamar que os objetos cotidianos, quanto à sua realidade.

Tendo em vista esse pressuposto, é natural que nos questionemos: se os objetos da Ciência estão no mesmo patamar que os cotidianos, seriam eles construídos da mesma maneira? Para Schrödinger, como veremos, há diferenças no processo dessas construções. Com o objetivo de explicar a maneira pela qual se constitui do objeto da Ciência, ele propõe outra questão, de viés menos ontológico e mais epistemológico: seriam de fato possíveis as percepções virtuais, com as quais, entre outras coisas, se construiriam os objetos reais?

A pergunta é pertinente, pois as reflexões de Schrödinger foram em grande medida motivadas pela Física Quântica, cujos objetos seriam coisas diminutas, das quais não se consegue ter percepções chamadas ‘reais’. O único tipo de percepção que se pode ter desses objetos é aquele que Schrödinger denominou ‘virtual’. Essas percepções virtuais seriam, segundo Schrödinger ([1928], p. 123), baseadas em inferências feitas a partir de experimentos, os quais envolvem objetos macroscópicos. A partir daí, Schrödinger já começa a indicar a direção da ideia, amadurecida em textos tardios, de que o objeto da Ciência não é algo construído a partir de sensações reais. Os objetos de pesquisa científica não coincidiriam com as coisas ‘palpáveis’ e ‘observáveis’, portanto (cf. SCHRÖDINGER, [1928], p. 125).

Em *Science et Humanisme*, essa ideia foi melhor elaborada e explicada. Nesse texto, Schrödinger ([1951], p. 31) coloca duas questões, para descartar a primeira como ‘ridícula’: 1. O que é a matéria? 2. Como representamos a matéria em nossa mente? Segundo ele, no segundo modo de perguntar há uma mudança total de atitude, que acarreta admitir que a mente é anterior à matéria e que aquela constrói esta. Trata-se de aceitar que não pode haver matéria, ou qualquer coisa real, independentemente da mente que a constrói.

Schrödinger concorda que essa mudança de atitude seria decorrente, de certa forma, das descobertas recentes da Ciência da sua época; mas, segundo ele, as novas descobertas não seriam tão

interessantes em si, mas “o que é apaixonante, novo, revolucionário, é a atitude geral que somos forçados a adotar quando tentamos sintetizá-las” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 31). Bitbol é mais enfático nesse ponto; diz que as descobertas a que Schrödinger se referia foram responsáveis por uma revolução que “atinge com toda força o estatuto das teorias (ou dos modelos) que visavam a oferecer uma descrição da natureza” (BITBOL, 1992a, p. 13).

É interessante notar que, de 1935 a 1951, parece ter havido grande maturação das ideias de Schrödinger, e após esse período, ele as apresenta clara e decididamente, mesmo quando a questão parece sem solução, como esta da relação entre mente e matéria. A ideia de relação mútua, sugerindo um dilema insolúvel, aparece no seguinte trecho:

“a matéria é uma imagem em nossa mente – a mente é, por isso, anterior à matéria (não obstante a estranha dependência empírica de nossos processos mentais com respeito às propriedades físicas de uma certa porção de matéria: nosso cérebro)” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 32).

Vimos que, mesmo o nível empírico, para Schrödinger, não é independente de eventos mentais, isto é, que ocorrem no cérebro. Logo, essa dependência empírica faz recair novamente neles. O pensamento de Schrödinger não prevê solução para esse dilema. Como pudemos notar na seção **3.2.1.**, Schrödinger mantém que não é possível conceber que a existência da matéria seja independente e anterior às construções mentais. Mas mesmo que o dilema permaneça sem solução em seu pensamento, isso não é necessariamente prejudicial. Pode-se admitir a influência mútua, ou interação; o que Schrödinger não admite é que a matéria, da forma como a concebemos, tenha uma existência independente e anterior à da mente; nada impede que elas surjam ao mesmo tempo, por exemplo, o que seria consistente com suas ideias.

Embora intrigantes, essas discussões sobre o problema mente/matéria não podem mais ser aqui alongadas, para não haver prejuízo dos temas principais deste texto. Volta e meia retornaremos a elas, especialmente nas conclusões, para tentar esboçar uma posição sobre como Schrödinger apresentou a questão. Voltemos agora aos objetos da Ciência.

3.3.1. Puras configurações



Quarks. Neutrinos. Mesons. Todas aquelas malditas partículas que você não pode ver. Foi isso que me levou à bebida. Mas, agora, eu posso vê-las!

Sidney Harris,
A Ciência Ri.

Voltando à pergunta sobre a possibilidade das percepções virtuais, no livro de 1951, Schrödinger ([1951], p. 40) discorreu em termos bem mais claros sobre os objetos da Ciência. Não se referiu mais a ‘percepções virtuais’, mas a ‘puras configurações’ que formariam esses objetos. As partículas subatômicas, objeto da Física Quântica, não seriam constituídas de nenhum material, mas seriam ‘pura configuração’. É como se, no complexo que constitui o objeto real, só tivéssemos o que ele chama *Gestalt*, sem a presença das sensações reais. Nas palavras de Schrödinger:

“elas são, por assim dizer, *pura configuração*. Elas não são nada além de configurações; o que se nos apresenta e representa sem cessar nas nossas

observações sucessivas, são essas configurações, e não porções individualizadas de certo material” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 40).

Essa asserção de Schrödinger parece se dirigir ao grupo de Copenhague, que, como já mencionamos, pregava que a Física não poderia ir além de explicar fatos observados. Para Schrödinger isso seria impossível, pois nosso ‘ver’ estaria vinculado à teoria de que dispomos; portanto, sempre estaria indo além dos fatos observados.

Portanto pode-se dizer que, para Schrödinger, a Ciência de sua época construiria seus objetos baseando-se em observações de experimentos. Entretanto, a Ciência não descreve esses experimentos ou os objetos utilizados neles, os quais fariam parte do mundo de objetos cotidianos que construímos. Então, para Schrödinger, a Ciência faria previsões sobre objetos que ela mesma constrói.

Por conseguinte, a Física não descreveria a mesma realidade dos corpos macroscópicos que vemos ao nosso redor. As construções da Física, por exemplo, seriam simplesmente abstrações. Ben-Menahem (1992, pp. 27-8), no artigo “Struggling with realism: Schrödinger’s case”, interpreta que essas construções somente seriam possíveis, para Schrödinger, através de abstração da experiência. Além disso, o abismo entre o modelo construído pela Ciência e a experiência em que ele foi baseado seria ‘intransponível’. A Ciência tentaria explicar a experiência humana, abstraindo dessa experiência. Mas a experiência então relatada por essas construções já não é a mesma que se pretendia explicar.

A rejeição dessa adequação perfeita das teorias à natureza explica por que Schrödinger não aceitava a ideia de que as descrições científicas deveriam ter lacunas, como defendiam os adeptos da Interpretação de Copenhague. Se os experimentos não nos dão informações completas, nossas teorias não precisam ser incompletas também. Para ele, seria melhor ter descrições claras, mesmo que se saiba que elas não descrevem a natureza. Segundo Bitbol (1992a, p. 13), os físicos clássicos tiveram por muito tempo a pretensão de criar um modelo verdadeiro, que representasse a realidade. Só que, na Mecânica Quântica, dificilmente isso seria sustentável, segundo ele. Como vimos no capítulo anterior, a detecção de radiação nos experimentos quânticos se dá de maneira descontínua. A solução encontrada para o impasse entre os dados descontínuos e os modelos contínuos seria abandonar, como fizeram os representantes da Interpretação de Copenhague, a pretensão de uma descrição perfeita. Esse foi um dos pontos com que

Schrödinger discordou dessa interpretação (cf. BITBOL, 1992a, p. 13). Segundo French & Krause (2006, p. 121), Schrödinger se inspirou em Boltzmann, um de seus ‘heróis científicos’, que enfatizava a importância de modelos claros e detalhados.

Bitbol (1992a, pp. 13-14) explica que, para Schrödinger, o problema seria não se conseguir pensar claramente através de uma descrição incompleta e descontínua, mesmo que os dados o fossem. E já que ela não seria uma descrição dos fatos observados, não precisaria ser descontínua. O desafio, no entanto, seria encontrar um recurso, ainda que inédito, para relacionar os fatos (observados com descontinuidade na Física Quântica) a pensamentos claros e contínuos. Não haveria uma representação contínua dos fatos, mas poder-se-ia relacionar os fatos a uma representação contínua. A maneira de fazer essa relação corresponderia à noção de ‘interpretação’, para Schrödinger. Permaneceria obscuro, no entanto, esse esquema interpretativo, ou seja, como relacionar os fatos com a representação. As tentativas de fazer essa relação esbarram no problema da medição sobre o qual já comentamos na seção 2.8. Segundo Bitbol (1992a, p. 15), para Schrödinger o problema continuava um enigma em 1951.

3.3.2. O Princípio da Objetivação na Ciência

Retomaremos a discussão sobre o conceito de interpretação e as descrições feitas pela Ciência na seção 3.3.3., mais adiante, pois para que ela possa ser aprofundada, precisamos tocar em um ponto fundamental da argumentação de Schrödinger: a relação da construção do objeto da Ciência com o princípio da objetivação. Schrödinger os relaciona em *Mind and Matter*, de 1956. Conforme já comentamos, esse seria um dos princípios que estão na base do método científico, segundo ele. O motivo que ele atribui ao uso tão difundido desse princípio, mesmo que em acordo tácito entre os cientistas, é devido à conclusão, por parte do ser humano, de que “um quadro moderadamente satisfatório do mundo só foi alcançado pelo elevado preço de retirarmos a nós mesmos do quadro, decaindo para o papel de um observador desinteressado” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 133). Uma imagem satisfatória do mundo seria obtida sob o custo de estabelecer esse princípio, e a Ciência se valeria disso. O seguinte trecho condensa perfeitamente essa ideia de Schrödinger:

“o espírito erigiu o mundo objetivo do filósofo natural para fora de sua própria substância. A mente não poderia dar conta dessa tarefa gigantesca de outra forma senão pelo estratagema simplificador de se excluir – retirando-se de sua criação conceitual. Logo, a última não contém seu criador” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 135).

A Ciência teria sido erigida, então, a partir do princípio da objetivação, ao qual permaneceria arraigada. Segue disso um ponto central na argumentação de Schrödinger: o mundo do físico é destituído das sensações, assim como os objetos que ele descreve. Segundo Schrödinger ([1956], p. 133), o mundo torna-se ‘frio’ e ‘incolôr’, o que para ele não era surpreendente, uma vez que o ‘eu’, juntamente com as sensações imediatas a ele atreladas, foi retirado. Schrödinger admite que essa ideia não é nova, e cita o problema das duas mesas de Eddington: a primeira, a peça da mobília de família, a que ele se senta e, a segunda, o corpo físico científico que “não somente carece de todas as qualidades sensoriais mas, além disso, está crivada de buracos” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 134).

Schrödinger dedica um capítulo de *Mente e Matéria* a discutir o fato estranho que nossa exposição até aqui leva a concluir: enquanto por um lado nossas sensações ajudariam, para Schrödinger ([1956], p. 165), a construir tanto os objetos da vida cotidiana quanto da Ciência (que dependem de observações de experimentos, em que estariam envolvidas sensações como visão, audição etc.), por outro não encontramos mais essas sensações presentes na descrição que procuramos fazer do mundo, através de teorias científicas ou modelos.

De fato, elas seriam descartáveis, quando do estabelecimento do princípio da objetivação, mas o “quadro teórico que obtemos deverá [...] repousar inteiramente sobre uma complicada malha de distintas informações, todas elas obtidas por percepção sensorial direta” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 174). Isto é, quando Schrödinger ([1954b], p. 131) afirma que a imagem científica do mundo é inteiramente baseada em percepções sensoriais, é no sentido de que houve ‘observações’ de cor, som etc. quando se fizeram os experimentos, ou mesmo quando os equipamentos foram construídos. Um quadro é montado a partir dessas informações e se assenta nelas, de certa forma (Schrödinger afirma que ‘reside’ nelas), mas não as contém (cf. SCHRÖDINGER, [1956], p. 174).

Para ele, as sensações são sistematicamente removidas dessa imagem, embora não intencionalmente⁸⁹.

Percebe-se que aqui pode haver uma inconsistência com a ideia que já apontamos de que, para Schrödinger, os métodos científicos seriam a expressão totalmente consciente do princípio da objetivação. Para ele, a aplicação desse princípio na Ciência parece ser intencional, ou consciente, que é o sentido que ele parece dar ao termo. Mas não seria intencional, ou melhor, seria algo mecânico, o ato de remover as sensações das descrições científicas. Segundo Schrödinger ([1954a], p. 132), a eliminação dessas sensações seria considerada necessária na Ciência, na busca de ‘conhecimento completo’. Tradicionalmente, a Ciência procurou afastar a subjetividade, a que as sensações estariam atreladas. Sendo removidas, resta a questão sobre sua realocação. Ao investigar sobre a sensação do som, Schrödinger chega à conclusão de que a descrição científica não a contém, “mas está apenas na mente da pessoa de cuja orelha e cérebro estamos falando” (SCHRÖDINGER, [1954a], p. 129). Logo, as sensações seriam realocadas nas mentes, para Schrödinger. Então, o afastamento de sujeito e objeto na Ciência provoca também essa retirada das sensações das explicações científicas.

Pode-se afirmar que não são somente as sensações que não aparecem na descrição feita pela Ciência, para Schrödinger. Bitbol afirma que o objeto de investigação científica schrödingeriano “está extraordinariamente afastado da presença que constituiu sua fonte” (BITBOL, 1992b, p.51). Essa fonte seria a dos objetos da vida cotidiana, e garantiria universalidade, segundo Bitbol; podemos dizer que equivaleria à garantia da adequação ao objeto almejada pela noção tradicional de objetividade. Essa adequação parece não ser possível, considerando os objetos da Ciência como Schrödinger os concebe.

Segundo Bitbol, o afastamento do objeto da Ciência para com a sua fonte pode ser relacionado com o uso da Matemática nas Ciências Físicas. Ele afirma que “através da escolha do uso extensivo da Matemática, as Ciências Físicas são, com efeito, levadas obrigatoriamente a uma inversão de prioridades sem precedentes na História do pensamento” (BITBOL, 1992b, p. 51). Enquanto que para as coisas familiares tem-se um esboço perceptivo servindo de contrapeso à imprecisão das expectativas, para o objeto de uma Ciência

⁸⁹ O sentido de ‘não intencional’, aqui, parece ser o de algo como ‘inconsciente’, no sentido comum do termo. O cientista faz isso, então não pode deixar de ser intencional, com relação às suas atitudes, mas é algo ‘mecânico’; ele não pára para pensar no porquê de estar fazendo.

matematizada tem-se apenas ‘possibilidade’, sem ‘realidade’ para contrabalançar (cf. BITBOL, 1992b, p. 51). Logo, para Bitbol, Schrödinger vê aí um desprendimento do objeto dito ‘real’ (o objeto do cotidiano) na construção do objeto da Ciência, e a Matemática teria grande participação em dar consistência a esse objeto. Seria, portanto, também a Matemática que ajudaria a fornecer o que Schrödinger chama de configuração, ou forma, do objeto da Ciência Física. É discutível, no entanto, se ele atribuiria essa configuração somente à estrutura matemática. Sua ênfase na complexidade dessa estrutura – que ele chama, em alemão, de *Gestalt* – reforça a ideia de que haveria mais elementos envolvidos na construção desse objeto.

Schrödinger aborda o tema do papel da Matemática em *Science et Humanisme*. Afirma que os matemáticos pretendem fazer representações simples de construções mentais simples. Essas representações podem ser funções, por exemplo, usadas na Física, o que encorajaria os cientistas a buscarem uma representação contínua da natureza. Mas alerta: “afirmar que a relação física possui efetivamente essa forma é um passo epistemológico audacioso, e provavelmente inadmissível” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 52). Usa como exemplo uma variação do Conjunto de Cantor⁹⁰, expondo algumas de suas propriedades nas pp. 53-58. Esse conjunto foi chamado de ‘monstro matemático’ ou ‘caso patológico’ quando Cantor o propôs, em 1883, em virtude de suas características paradoxais (cf. MURR, 2008, p. 29). Segundo Schrödinger, o exemplo tem por finalidade que se perceba o mistério que há também no contínuo; não deveríamos nos assustar se, ao tentarmos “utilizá-lo para uma descrição precisa da natureza, encontremos fracassos aparentes” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 59). Isto é, não se poderia pensar, para Schrödinger, que as estranhezas são exclusividade da parte da natureza que se pretende investigar. Mesmo as construções matemáticas consideradas mais seguramente conhecidas e claras poderiam não ser tão confiáveis assim.

3.3.3. Descrições e interpretação em Schrödinger

Vamos retomar, diante dessas reflexões, um ponto muito importante nessa discussão, concernente às pretensas descrições da natureza pelas Ciências. Uma das principais preocupações de Schrödinger nos últimos trabalhos em Mecânica Quântica foi com o

⁹⁰ Uma exposição sobre o Conjunto de Cantor e suas propriedades está em Murr (2008).

esclarecimento do conceito de interpretação de teorias científicas (cf. BITBOL, 1996, p. 29). Para Bitbol, essa insistência foi o resultado de um processo que começou em 1926, quando Schrödinger passou a perceber e insistir na distância entre o conteúdo representado e os eventos observados na Ciência. Segundo Bitbol (1996, p. 28), Schrödinger teria percebido que não era tão fácil esconder os andaimes usados para construir as teorias físicas.

Pode-se dizer que tomar consciência disso implicou a insistência de Schrödinger em afirmar que os objetos da Ciência são construtos e que não estão descrevendo a mesma experiência que os gerou. Testemunha a favor desse fato a ênfase na Matemática como componente chave na construção dos objetos da Física. Apesar de defender que as teorias físicas devam procurar fornecer descrições claras e completas, ele tem noção da incapacidade dessas teorias em descrever a própria natureza. Parece que, para Schrödinger, essa descrição clara e completa que o cientista sempre buscou decorre de um condicionamento, do qual a Matemática faria parte, o que não implica que esse formato seja imutável; é perfeitamente coerente com as ideias de Schrödinger que esse condicionamento poderia ser feito de maneiras diferentes.

Sobre as descrições feitas pela Ciência, em especial sobre o quadro ondulatório que defende⁹¹, Schrödinger esclarece:

“podemos efetivamente dar uma descrição completa, contínua no espaço e no tempo, sem omissões nem lacunas, conforme o ideal clássico – uma descrição de *algo*. Mas não pretendemos que esse *algo* se identifique com os fatos observados ou observáveis; e ainda menos pretendemos que descrevemos assim o que a natureza (a matéria, a radiação etc.) realmente é. De fato, usamos essa descrição (a descrição ondulatória) sabendo perfeitamente bem que não corresponde a nenhuma das duas coisas” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 60, grifos do autor).

⁹¹ Schrödinger apresenta a versão mais atual de sua interpretação ondulatória em Schrödinger, [1952]. Um resumo do que ficou conhecido de sua interpretação pode ser visto em Jammer (1974), pp. 24-33. Bitbol comenta a última versão dessa interpretação em Bitbol (1996), pp. 55-64.

Esse trecho sugere uma pergunta crucial: qual seria então o objetivo da Ciência se não for o de descobrir como é a natureza? Em “Science, Philosophy and the Sensates”, quando está discorrendo sobre as possíveis diferenças entre o pensamento filosófico e o científico, ele diz que

“a Física consiste em experimentar com a natureza, fazendo observações cuidadosas, pensando sobre elas, então planejando e implementando novas observações, sugeridas pelo resultado de pensar, planejar, experimentar e observar, alternando continuamente” (SCHRÖDINGER, [1954a], p. 124).

Esse trecho sugere que um desses objetivos seria ‘experimentar’, não o de ‘descobrir’ propriamente, mas ‘investigar’, de alguma forma, a natureza. Pois bem, isso levaria a outra questão: como essas descrições poderiam ajudar nessa investigação ou experimentação, já que não corresponderiam à natureza?

Essas questões nos trazem de volta ao tema das interpretações, ou seja, de como conectar as descrições aos fatos observados. Schrödinger trabalhou na elaboração de uma interpretação da Mecânica Quântica ao longo de vários anos. O amadurecimento de suas ideias filosóficas influenciou a última versão dessa interpretação. Bitbol (1996, p. 31) salienta que haveria uma ‘continuidade’ entre as diferentes versões dessa interpretação, o que não significaria ‘imobilidade’. Ele identifica um ponto que chama de ‘virada pós-moderna’ de Schrödinger, a partir de 1950. A partir daí, Schrödinger teria decidido que

“a descrição contínua da mecânica de ondas não mais pretendia fornecer um retrato fiel dos ‘fatos observados’ (ou fenômenos macroscópicos), mas apenas estar conectada a eles por meio de um conjunto de regras de correspondência (probabilísticas)” (BITBOL, 1996, p. 55, grifos do autor).

Ou seja, haveria como relacionar esses fatos com as teorias, mas essa não seria uma correspondência perfeita.

Bitbol também chama o conceito schrödingeriano de ‘interpretação’ de ‘regras de correspondência empíricas’. Conforme

podemos concluir do que afirma Bitbol, a interpretação, conforme entendia Schrödinger, consistia em se explicar de que forma as descrições dariam informações sobre valores observados e quais seriam essas informações. A interpretação seria na verdade um requisito metodológico (cf. BITBOL, 1996, p. 63). E seria de fato necessária, levando em consideração que essas descrições, para ser úteis – fornecer algum tipo de informação sobre os dados observados – não poderiam contrariar a experiência. Como afirma o próprio Bitbol, a discordância para com a ideia de realidade dada pronta e acabada, fora de nós, nos torna “livres para moldar nossas representações e sistemas de referência, ao menos na medida em que elas não contradigam os resultados de nossa atividade experimental” (BITBOL, 1996, p. 41).

Como para Schrödinger a ‘interpretação’ seria apenas uma maneira de relacionar dados com teorias, relação essa que não seria de correspondência, pode-se dizer que sua concepção de interpretação não pertence ao que denominamos anteriormente de concepção ‘tradicional’ de interpretação, na seção 2.7. No entanto, uma pesquisa mais aprofundada seria necessária para investigar se as muitas interpretações seriam aceitáveis, para Schrödinger.

3.3.4. Colocando os objetos no mesmo nível

Mesmo considerando que os objetos da Ciência são ‘pura configuração’ e que as teorias científicas não se relacionam perfeitamente com os fatos observados, Schrödinger, conforme já comentamos, afirma que não podemos nos referir aos objetos da Ciência senão como ‘reais’. Para ele, se chamamos reais as construções dos objetos palpáveis ao nosso redor, também deveríamos fazê-lo no caso dos objetos da Ciência. Vamos analisar dois questionamentos que podem surgir dessa afirmação: o primeiro, se ela não entraria em contradição com a insistência de Schrödinger em estabelecer uma grande distância entre os fatos observados nos experimentos e as teorias científicas. O segundo, se a ‘criação’ de objetos pela Ciência não implicaria uma ‘duplicação ontológica’, que ele afirmou rejeitar.

Em resposta ao primeiro questionamento, Bitbol (1996, p. 67) diria que não há contradição, pois essa distância é uma diferença de *status* metodológico. Sobre o segundo ponto, Bitbol afirma que, para Schrödinger, “não há nada tal como um mundo em si agindo sobre nossos sentidos; não há duplicação ontológica (embora possa haver uma

metodológica), entre uma representação e o que se pretende refletir” (BITBOL, 1996, p. 67). Haveria coincidência, portanto, entre a imagem do mundo e o próprio mundo. Os construtos científicos também fariam parte do mundo, isto é, de uma imagem global do mundo, assim como os fatos observados nos experimentos científicos e outros objetos da vida cotidiana. Porém, eles seriam metodologicamente distintos; o *status* pragmático que se atribui a eles é diferente.

Conforme afirma Bitbol, pode-se dizer que há uma duplicação de objetos, mas que ela seria metodológica. Pode-se dizer que Schrödinger ‘deflaciona’ seu sistema, livrando-se da duplicação implicada pela aceitação da ‘coisa em si’ incognoscível, mas o inflaciona por outro lado, incluindo esses objetos criados pela Ciência. Essa poderia ser uma crítica a todo sistema que defendesse que a Ciência necessariamente cria seu objeto de estudo, e vamos discuti-la nas conclusões desta dissertação.

O caráter metodológico que Bitbol dá a essa diferenciação pode ser identificado em sua afirmação de que, para Schrödinger, “o ‘objeto’ das Ciências Físicas é designado como um simples prolongamento, ou como um equivalente um pouco sofisticado, da ‘coisa’[da vida cotidiana]” (BITBOL, 1992b, p. 55, grifos do autor). Outro ponto importante é que, para Bitbol, Schrödinger tinha intenção de conferir um *status* de coisa inacabada, em construção, tanto aos objetos da vida cotidiana quanto aos da Ciência. Para os objetos do cotidiano, esse *status* ficaria a cargo da infinidade de percepções virtuais envolvidas na sua construção. Segundo Bitbol, “é exatamente nesse clima de ‘abertura’ que Schrödinger concebe o estatuto dos modelos e teorias científicas” (BITBOL, 1992b, p. 56, grifo do autor). Como consequência ambos, objetos da Ciência e da vida cotidiana, estariam sujeitos a mudanças, não sendo maneiros fixas ou únicas de construir a realidade.

Essa equiparação entre os construtos científicos e os cotidianos implicaria certo relativismo; afinal, poderia não ser assim que víssemos o mundo e o compreendêsemos. French e Krause destacam que, para Schrödinger, o processo de construção resulta na nossa visão de como o mundo é, mas “tal visão [...] não é inevitável; de fato, ele os compara [os objetos cotidianos] com ‘construtos científicos’ e como tal [...] são sujeitos a revisão e reforma assim como as teorias científicas” (FRENCH & KRAUSE, 2006, p. 126, grifo dos autores). Acreditamos que não haveria problema em admitir esse relativismo para Schrödinger, já que a maior mobilidade proporcionada por ele ajudaria a mudar concepções

que pudessem mostrar-se inadequadas ao longo da História. A constatação desse relativismo é o que permite pensar que o ser humano pode adaptar suas capacidades, que elas não seriam dadas *a priori*.

Considerando a equiparação estabelecida por Schrödinger entre as coisas do cotidiano e os construtos científicos, fica claro o significado da afirmação de Bitbol que reproduzimos no início da seção 3.2., a saber, que a análise da construção dos objetos cotidianos seria um passo indispensável em direção aos objetos da Ciência. Em outro trecho, Bitbol afirma que “a investigação de Schrödinger sobre a ‘coisa’ da vida cotidiana foi construída por ele como pouco mais que uma introdução a uma séria análise do objeto da Física Moderna” (BITBOL, 1996, p. 188, grifo do autor). O interesse de Schrödinger era obter a equiparação dessas construções, o que ele conseguiu ao estabelecer que as duas fossem nada mais que ‘estruturas’, ‘complexos’ ou ‘configurações’. Segundo Bitbol (1996, p. 189), Schrödinger alterna o uso desses termos, tanto ao falar de objetos do cotidiano quanto da Ciência.

O conceito de ‘complexo’ schrödingeriano seria um tanto ambíguo, segundo Bitbol, mas nos últimos textos se delinaria como uma espécie de estrutura que serviria para acomodar percepções, mas não seria feita delas. O que, pode-se dizer, expressa perfeitamente a ideia presente já nos primeiros textos, como no exemplo da cesta de frutas. Portanto, não se trata de um emaranhado de percepções, nem de uma coleção de imagens de percepções. Segundo Bitbol, “a criança não adquire a ideia de ‘coisa’ desenvolvendo sua aptidão de formar vastas coleções de aparições, mas em buscar a invariância” (BITBOL, 1992b, p. 53). A construção desse complexo seria um processo de abstração, “mas o produto final do processo de abstração [...] está completamente livre de qualquer ligação com percepções particulares. Tem muito em comum com uma teoria científica ou um construto científico” (BITBOL, 1996, p. 189).

O próprio Schrödinger reitera essa equiparação dos construtos científicos e cotidianos, a fim de ressaltar seu caráter revisável. Referindo-se à formação das primeiras noções invariantes, que segundo ele seriam as noções geométricas e de movimento, ele afirma que

“é relevante ressaltar que essas noções são formadas pela experiência, pela ciência experimental do bebê e da criança pequena, e *não* se pode dizer: muito bem, esse é exatamente apenas o jeito pelo qual a criança aprende como o

“mundo é realmente” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 149).

Isso seria trivialmente verdadeiro para ele, pois consideraríamos que o mundo ‘realmente é assim’ porque nós o construímos da mesma maneira. Mas é importante perceber que, para Schrödinger, a unicidade dessa construção não implica sua inevitabilidade: “eu as equiparo com os construtos científicos. Isso faz com que eles tenham a tendência a, e sejam capazes de, ser sujeitos à revisão e mudados e melhorados, como todas as teorias científicas são” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 149).

Nos dois casos, essas construções teriam ‘valor’ de coisa real, que acaba guiando nossas ações. Bitbol (1996, p. 41) conclui que as representações construídas pela Ciência acabam tendo papel regulativo na pesquisa científica. Parece estar aí a origem da insistência de Schrödinger em chamá-las reais, pois acabam sendo guias para a pesquisa e para novas atividades experimentais. Nesse sentido, pode-se dizer que o realismo metodológico atribuído a Schrödinger permite dizer que ‘existe’ ou ‘é real’ tudo aquilo que nos constrange, nos fazendo agir desta ou daquela forma. Ben-Menahem sugere uma interpretação similar, dizendo que Schrödinger “vê o conceito de tal realidade como um construto inevitável, o qual guia nosso pensamento e comportamento” (BEN-MENAHM, 1992, p. 26).

Portanto, chamando ou não esses objetos de reais, eles não poderiam ser considerados independentes da teoria que os ‘cria’. Tanto é assim que podem ser revisados de acordo com a teoria. Tampouco podem eles, e também os objetos cotidianos, ser considerados independentes da mente que os constrói; as teorias científicas repousam sobre sensações, percepções e construções, inclusive dos objetos cotidianos. Pode-se dizer que, para Schrödinger, estes são produtos de uma mente experienciando com o mundo ao mesmo tempo em que o constrói⁹², não havendo duplicação de mundos nesse processo. Bitbol (1996, p. 188) afirma que Schrödinger identifica, por fim, a ‘coisa’ com o ‘invariante’. Parece que essas ‘coisas’, para Schrödinger, não existem independentemente da experiência dos sujeitos. Mas o quê, então, provocaria as sensações e percepções, já que ele nega a existência da ‘coisa em si’?

⁹² Essa ideia é muito semelhante à de Putnam, em seu famoso aforismo: “the mind and the world jointly make up the mind and the world” (PUTNAM, [1981], p. xi). Fazer uma análise da proximidade das ideias dos dois autores está em nossos planos futuros.

A resposta a essa pergunta não está absolutamente clara nos textos de Schrödinger com que trabalhamos aqui. Bitbol indica uma resposta. Ele diz que

“o acordo tácito sobre as coisas cotidianas não deve ser tomado como sinal de sua existência independente, mas ao invés disso, como uma indicação de que nenhuma questão sobre a sua existência pode ser formulada com sentido dentro de uma forma de vida a qual pressupõe a sua possibilidade” (BITBOL, 1996, p. 179).

Isto é, Bitbol responderia que a pergunta não pode ser formulada, porque contém auto-referência. Podemos tentar ir mais além, procurando outra resposta coerente com o sistema das ideias de Schrödinger, como um todo.

Sob certo aspecto, seriam essas mesmas ‘coisas’ que provocariam as sensações quando da formação dos primeiros invariantes, pelo bebê, do ponto de vista de nós adultos, que já passamos por esse processo. Mas da perspectiva do bebê, essas ‘coisas’ ainda não existem da maneira que as conhecemos, mas tudo estaria misturado formando um todo homogêneo, inicialmente. Um problema com essa ideia é que ela aproximaria Schrödinger de uma ideia kantiana, que ele rejeita. A realidade seria, em si, uma e a mesma coisa, mas a elaborariamos, organizariamos, de determinada forma; forma essa que pode mudar, diferentemente da ideia kantiana. Por outro lado, poderíamos defender a ideia de que não há necessidade de pensar nesse todo homogêneo existente enquanto o bebê forma seus invariantes. Ele teria essa capacidade e o faz com apoio do que já está construído, com o que os que estão em volta dele lhe fornecem. Pretendemos desenvolver essa ideia futuramente.

A ideia do todo homogêneo é, por sua vez, coerente com a defesa de Schrödinger por um tipo de holismo entre mente e matéria, segundo o qual os dois seriam inicialmente uma e a mesma coisa. Schrödinger expõe suas ideias sobre esse tema no capítulo 4 de *Mind and Matter*. Ao investigar o porquê de não encontrarmos nosso ‘eu’ na imagem científica do mundo, responde que não o achamos “porque ele mesmo é essa imagem do mundo. É idêntico ao todo e, portanto, não pode estar contido nele como sua parte” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 141). Além disso, todas as mentes seriam na verdade uma só; o que se pareceria

com doutrinas orientais (cf. SCHRÖDINGER, [1956], p. 147). Nessa interpretação, as construções seriam maneiras de organizar esse todo. Formaríamos a ideia de nossa mente e lá depositaríamos nossa personalidade e nossas sensações, separando nossa subjetividade do restante do mundo.

Essa separação se daria através do que ele chama de princípio da objetivação. O mesmo princípio é usado nas construções do cotidiano e da Ciência, que apesar de terem sua origem um pouco diferente, resultam no mesmo tipo de construção. A equiparação desses processos mostra que Schrödinger considera o ‘espírito científico’, por assim dizer, algo inerente ao ser humano, mas não *a priori* e sim no sentido de que todo ser humano *tende* a fazer essas experiências desde que nasce e do mesmo modo, dependendo é claro do contexto social e cultural em que se encontra. Essa tendência talvez pudesse ser explicada por ‘instintos’, que sobreviveram ao longo da evolução.

Para a cultura ocidental, a Ciência, como a conhecemos, seria a continuação natural desse processo. Mas Schrödinger considera que o ser humano seria capaz de, através da experiência, mudar e melhorar a maneira de organizar o mundo. Seria possível, portanto, que a humanidade chegasse a conceber a realidade sem as distinções usuais, tais como as decorrentes do princípio da objetivação, por exemplo. Bitbol afirma que sua intenção de colocar as construções no mesmo nível “enfraquece a posição das ‘coisas’ na rede das ‘certezas’ [...] que pressupomos tanto na vida ordinária quanto na Ciência” (BITBOL, 1996, p.190, grifos do autor).

Parece que, para Schrödinger, a experimentação científica é um ‘comportamento’ que acompanha o ser humano desde que ele se insere no mundo, aprimorado ao longo dos anos de sua vida e, poder-se-ia dizer, que a humanidade aprimora ao longo das eras. Logo, o ser humano teria a capacidade, talvez evolutivamente desenvolvida, de comportar-se experimentalmente e adaptar esse comportamento. Essa ‘capacidade’ poderia ser chamada de ‘inteligência’⁹³ e não se refere a funções intelectuais *a priori*.

Mas quais seriam o motivo e o objetivo da Ciência na sociedade humana? Vejamos algumas reflexões de Schrödinger nesse sentido na próxima seção.

⁹³ Nas conclusões desta dissertação, apontamos para uma possível aproximação com o conceito de ‘inteligência’ apresentado em Dewey, [1931], p.40.

3.4. A Ciência sob o olhar de Schrödinger

Antes de falar sobre objetividade científica em Schrödinger, vamos analisar, em alguns de seus escritos, suas reflexões sobre a Ciência em geral. Acreditamos que é importante, para compreender melhor suas ideias, ter em mente a visão que ele partilhava sobre o objetivo e o papel da Ciência na sociedade humana.

No texto de 1932 “Is Science a Fashion of the Times?”, em que Schrödinger discorre principalmente sobre o papel da subjetividade na Ciência, ele aponta o que vinha sendo considerado, epistemologicamente, o objetivo da Ciência. Segundo ele, seria o de descrever precisamente o que é percebido através dos sentidos. Mas Schrödinger não se mostra satisfeito com essa definição. Para ele, isso não concorda com a Psicologia da Ciência, a qual ele considera fundamental levar em conta (cf. SCHRÖDINGER, [1932b], p. 75-76).

Discutiremos nas conclusões deste trabalho as consequências para a objetividade científica que decorrem dessas e outras ideias. Por ora, vejamos como essas afirmações se encaixam em um discurso mais amplo de Schrödinger, exposto em “Science, Art and Play”, de 1935. Ele defende, nesse texto, que todo tipo de atividade intelectual humana, em que se inclui a Ciência, é uma espécie de jogo ou brincadeira, utilizada para gastar uma energia excedente, para além da mera satisfação das necessidades básicas (biológicas) da vida. Vejamos como ele desenvolve essa argumentação ao longo do texto.

Schrödinger inicia a exposição com o exemplo de um animal brincando. Diz que certamente ele não o faz para satisfação das suas necessidades básicas, como obter alimento ou reproduzir. Ele o estaria fazendo por brincadeira, como um jogo. Seria assim também com o homem. A energia excedente que o ser humano teria, além daquela suficiente para satisfação das necessidades, seria usada em brincadeiras e jogos. A humanidade teria desenvolvido desde jogos no sentido comum, tais como o dominó, até os jogos intelectuais, que incluiriam a Ciência (cf. SCHRÖDINGER, 1935b, p. 23).

A palavra usada por ele em alemão é *Wissenschaft*, traduzida por J. Murphy como *Science*. Segundo o tradutor, esse termo engloba Literatura, História, Filologia, Arqueologia e outros ramos de pesquisa. Schrödinger argumenta que na Arte, na Ciência e no jogo, enquanto atividades humanas, o objetivo nem sempre é suprir necessidades consideradas vitais. Schrödinger estava se referindo, com o termo

‘vitais’, a necessidades biológicas. É interessante notar que Schrödinger (1935b, p.24) não exclui a ‘utilidade’ dos objetivos da Ciência, mas afirma parecer que esta se alia ao prazer e alegria individuais do ser humano. E que este o faria tanto pela satisfação do seu próprio prazer como também de outros, ou da sociedade.

Para Schrödinger, conforme ele dá a entender nesse artigo, o prazer intelectual seria um dos grandes objetivos da Ciência, prazer este que se iguala ao da apreciação de uma obra de arte, por exemplo. Arte e Ciência seriam atividades da mesma categoria, uma vez que pretendem ser úteis e ao mesmo tempo dar satisfação, mediante uma força excedente da humanidade. Nas palavras dele, a respeito da comparação entre Arte e Ciência, pode-se dizer que

“tudo isso pertence à mesma categoria: ao livre desdobramento de forças nobres as quais permanecem disponíveis, para além das atividades puramente utilitárias, para causar prazer ao indivíduo e aos outros” (SCHRÖDINGER, 1935b, p.25).

Schrödinger segue analisando uma possível crítica, segundo a qual haveria uma diferença fundamental entre Arte e Ciência, no sentido de que esta contribuiria muito mais para o bem-estar material da humanidade. Além disso, que o serviço à satisfação da humanidade teria maior valor do que o prazer intelectual individual, seja na Arte, seja na Ciência. Ele critica esse juízo de valor, admitindo a dificuldade em estabelecê-lo. Ademais, para ele essa crítica não se sustenta, pois a Ciência “contribui menos com bem-estar material do que é geralmente assumido. Enquanto contribui mais do que é geralmente assumido para prazeres puramente ideais” (SCHRÖDINGER, 1935b, p.27). O progresso da Ciência seria movido muito mais pelas vontades pessoais, os sentimentos, a curiosidade com relação a outras culturas etc.

Schrödinger se posiciona, portanto, contrário à visão estritamente utilitarista da Ciência nesse texto. O objetivo da Ciência, para ele, não se esgotaria tampouco na tentativa de descrição dos fenômenos que vemos – como dos experimentos científicos, que não fariam nenhum sentido se não for considerado o objetivo maior da Ciência. Pode-se dizer que essa posição já o afasta da visão tradicional da Filosofia da Ciência que mencionamos anteriormente, segundo a qual o objetivo da Ciência, especialmente a Física, seria justamente descrever e explicar fenômenos

naturais. Entretanto, veremos que esse afastamento revela-se também em outros pontos.

Em *Science et Humanisme*, Schrödinger explica qual seria, para ele, o objetivo da Ciência, e veremos que no âmbito suas ideias não sofreram alteração, no intervalo de tempo que separa esses textos. Pode-se dizer que houve um refinamento e de certa maneira uma expansão; não se trata de mudança de posicionamento quanto ao tema, mas de aprimoramento.

No texto de 1951, Schrödinger discute a questão do ‘valor’ da Ciência, que evitou em 1935. Ele coloca o questionamento sobre o ‘valor’ que poderiam ter, por si mesmos, os conhecimentos obtidos em um ramo estrito de conhecimento. Segundo ele, haveria pelo menos duas visões possíveis sobre o assunto: a do cientista e a do leigo, que não teria interesse muito profundo na Ciência. Este último responderia, de acordo com Schrödinger, dizendo que sim, esses conhecimentos teriam muito valor, com base nas mudanças trazidas pela tecnologia para a sua vida. Os cientistas, por sua vez, dificilmente concordariam com essa posição, e Schrödinger dá três razões pelas quais ele mesmo também discorda (cf. SCHRÖDINGER, [1951], p. 22).

Em primeiro lugar, as Ciências Naturais estariam no mesmo plano que outras atividades humanas, como História, Arte, Literatura etc., no sentido que o termo alemão *Wissenschaft* designa. Em se tratando dessas atividades, Schrödinger diz que não se pretende que elas visem à melhoria das condições materiais de vida das pessoas. Para ele, não se poderia, então, tratar a Ciência de maneira diferente. Em segundo lugar, haveria ramos da Ciência que em nada poderiam ajudar a sociedade humana, tais como a Astrofísica e a Cosmologia. A terceira razão apontada por Schrödinger ([1951], p.24) é não achar que a felicidade da raça humana aumentou com o desenvolvimento tecnológico que se seguiu ao rápido desenvolvimento das Ciências Naturais. Cita o exemplo da radioatividade artificial, que poderia contaminar toda a superfície da Terra, segundo ele.

Por fim, após expor esses motivos para discordar de que o valor da Ciência estaria na sua influência no bem-estar da humanidade, através da tecnologia, responde qual seria então, para ele, o valor da Ciência: “seu objeto, seu fim e seu valor são os mesmos de não importa qual outro ramo do saber humano” (SCHRÖDINGER, 1951, p.24). Ademais, cada ramo da Ciência não teria valor intrínseco separadamente: a união de todas as ciências é que teria fim e valor. E

esse fim seria simplesmente buscar respostas às questões que para ele são as mais fundamentais: o que somos nós, de onde viemos e para onde vamos.

A origem, a condição e o destino futuro da humanidade são, portanto, as questões que, segundo ele, os seres humanos têm procurado responder através do desenvolvimento dessas atividades, tais como a Ciência. Considerando as ideias do texto de 1935, pode-se concluir que seria nessas atividades que a humanidade gastaria sua energia excedente. Há um ponto mencionado por Schrödinger ([1951], p. 25) que ainda falta a essa análise, no entanto: a procura por essas respostas seria feita de maneira diferente dentro de cada época (*age*).

Em outro texto, “Physical Science and the Temper of the Age”, de 1932, Schrödinger havia exposto suas ideias sobre a influência da ‘mentalidade’, por assim dizer, de uma época, nas Ciências Físicas. Nesse texto, ele afirma que a Ciência recebe muitas influências de tendências que não seriam científicas, mas resultantes de uma espécie de ‘moda’ de uma época, que reinaria sobre todas as atividades humanas. Uma ideia parecida aparece em “Is Science a Fashion of the Times?”. Nas palavras de Schrödinger, “tudo isso mostra o quanto a Ciência é dependente da configuração *que está na moda* [*fashionable*] da mente de uma época, da qual ela é uma parte” (SCHRÖDINGER, [1932c], p. 85, grifos nossos). Afirma também que é impossível que o homem se desvincule de sua ‘bobina [*coil*] mundana’ quando entra no laboratório ou em sua sala de trabalho (cf. SCHRÖDINGER, [1932c], p. 80).

Traduzimos o termo *coil* por ‘bobina’ pois parece haver uma alusão proposital de Schrödinger ao termo usado na Física para um condutor feito com fios enrolados muitas e muitas vezes. Essa metáfora sugere que o homem está tão emaranhado, envolvido, inconscientemente, no ‘espírito’ de sua época, que este é parte dele, muito difícil de ser retirada ou separada, assim como seria quase impossível desfazer o ‘rolo’ de fios da bobina. E mesmo que fosse desmanchada, a bobina deixaria de cumprir sua função; estritamente falando, não seria mais uma ‘bobina’. Da mesma forma, tentar desfazer essa espiral no homem o descaracterizaria a ponto de já não haver mais homem. Se de fato era esse o sentido que Schrödinger queria dar ao termo, não podemos ter certeza. Mas seria uma interessante auto-referência que reforçaria essa ideia: ele mesmo não conseguiu livrar-se do jargão de físico, usando esse termo.

A defesa dessas ideias dá margem ao questionamento da validade dos conhecimentos obtidos pela Ciência, segundo o próprio Schrödinger ([1932c], p.97). Seriam esses conhecimentos válidos independentemente do referencial adotado, ou essa validade deveria ser avaliada de acordo com o referencial de uma ‘base cultural’ em que vivemos? Um trecho de outro texto sugere que sim: “não temos o direito hoje de dizer que a teoria corpuscular de Newton estava errada, apesar de ter sido costume, por muito tempo, declarar isso” (SCHRÖDINGER, [1932b], p. 74). Declarações posteriores, como em “Science, Philosophy and the Sensates” ([1954a], p. 123) mostram que ele manteve essa posição. Schrödinger dá a entender que, para ele, a autoridade de um cientista se restringe ao que um ser humano de uma determinada época sabe sobre certo campo de conhecimento. Essa afirmação vai ao encontro da sua ideia de que o espírito da época não só influencia o cientista, mas determina o seu modo de agir.

Essas reflexões de Schrödinger estão diretamente relacionadas com a época que ele mesmo vivenciou. Conforme já sugerimos ao falar das influências de Schrödinger, na seção 3.1., ele participou de um período que pode ser considerado revolucionário, especialmente na Física, a saber, a virada do século XIX para o XX. Os questionamentos acerca da validade relativa dos conhecimentos tinham o propósito de perguntar se as teorias que estavam sendo condenadas por muitos ao abandono nesse período de revolução estariam erradas e as corretas estariam sendo descobertas. A conclusão de Schrödinger é pela resposta negativa, mas vejamos como ele tratou mais especificamente sobre esse período revolucionário em que viveu.

Ele qualifica como revolucionária ou ‘de crise’ a época em que vivia no texto “Science, Art and Play”⁹⁴. Schrödinger (1935b, pp. 29-30) diz que momentos de crise são caracterizados por intensa atividade e poder vital. Na Física, experimentos cruciais são feitos para se decidir por uma posição definitiva. Além disso, a gravidade da crise definiria a importância da questão que está sendo decidida. Schrödinger sugere que crise é algo normal na Ciência, não é nenhum prenúncio de desastre. E na opinião dele os resultados só podem ser positivos, pois nenhuma atividade científica poderia ir à ruína: ela protegeria a si mesma. Por isso, não haveria motivo para procurar conter o espírito da época, que

⁹⁴ Vale salientar a semelhança das ideias de Kuhn, escritas anos depois (cf. KUHN, 1970). Essa semelhança é mais um motivo para aproximar Schrödinger de visões mais falibilistas na Filosofia da Ciência.

causaria as revoluções, não só na Ciência, como em outras áreas. A revolução nas ciências seria para ele, portanto, uma espécie de eco das mudanças trazidas pelo espírito da época. Conforme ele afirma, os cientistas são “seres humanos que compartilham em geral do mundo de ideias da época” (SCHRÖDINGER, 1935b, p.31). Mas afinal, qual era o espírito de sua época?

Para Schrödinger, era um espírito de questionamento de velhos padrões. Ele afirma: “nossa época é tomada por uma forte urgência em direção à crítica de costumes e opiniões tradicionais” (SCHRÖDINGER, 1935b, p.31). Essa seria, então, a raiz da crise: a ‘moda’ da época, por assim dizer, era questionar tudo o que fosse tomado como tradicional. Acreditamos que não há intenção pejorativa no termo ‘moda’, mas ele é usado para salientar o caráter ‘passageiro’ dessas tendências. Em 1951, Schrödinger ([1951], p. 31) vai reforçar o caráter revolucionário desse período. Ele afirma que, em especial na primeira metade do século XX as ciências, e principalmente a Física, contribuíram para grandes mudanças na visão ocidental do que é a ‘situação do homem’. Segundo Bitbol, essa influência em Schrödinger era maior do que a que ele procurava demonstrar:

“a persistência, em Schrödinger, do sentimento de que a Física Quântica provoca uma mutação irredutível da representação ocidental do mundo é tão impressionante que resiste aos reajustes maiores nas suas interpretações do formalismo dessa teoria” (BITBOL, 1992a, p.9).

Essas ideias de Schrödinger com respeito à Ciência parecem ter influenciado muito o seu projeto epistemológico. Perceberemos um pouco dessa influência abordando algumas das controvérsias entre ele e outros grupos de interpretação da Física Quântica, na próxima seção. Além disso, o intuito de expor essas controvérsias é ressaltar ainda mais a falta de unanimidade na Física Quântica quanto às interpretações. No final da seção **3.5.7.**, examinaremos mais detidamente a argumentação quanto à importância da inserção dessas controvérsias neste trabalho.

3.5. Schrödinger e a Física Quântica

3.5.1. A controvérsia Schrödinger X Copenhague

Nesta seção, voltaremos a tratar de algumas questões levantadas pela Mecânica Quântica, dando ênfase à diferença da abordagem de Schrödinger para com a Interpretação de Copenhague. Não pretendemos aqui tomar partido da interpretação de Schrödinger para a Mecânica Quântica, no entanto. Também não iremos nos ater a explicar essa interpretação, pois o intuito desta seção é flagrar a raiz das controvérsias, que reside nos pressupostos filosóficos diferentes de cada um dos envolvidos nos debates.

Apesar da ligação estreita que se pode afirmar haver entre o projeto epistemológico de Schrödinger e suas ideias sobre a Mecânica Quântica, acreditamos que é possível aceitar esse projeto sem, no entanto, precisarmos nos comprometer com sua interpretação da Mecânica Quântica. Não estaremos negando, tampouco, essa ou outras interpretações; não é o intuito, nesta dissertação, defender ou negar uma delas, mas sim discutir a questão da objetividade científica tendo em vista, entre outras coisas, a problemática das diversas interpretações da Mecânica Quântica. Não faria sentido, portanto, aderirmos a uma interpretação, se pretendermos que nossa análise seja de tendência naturalista. Isso faria com que estivéssemos emitindo juízos de valor e normativizando sobre qual interpretação seria a mais correta, o que não é o caso em nossa análise.

Pode-se dizer que as críticas de Schrödinger à interpretação do grupo de Copenhague não eram propriamente direcionadas aos problemas inspirados pela Mecânica Quântica, mas sim às suas soluções. Por essa razão, acreditamos que essas controvérsias não impedem que seu projeto epistemológico possa servir de inspiração a uma noção de objetividade científica mais adequada que a tradicional. A principal característica que a torna interessante para nossos propósitos é a rejeição das distinções sujeito/objeto e fatos/teorias.

Bitbol cita uma metáfora de Wessels que representa muito bem a origem das controvérsias entre Schrödinger e o grupo de Copenhague, o qual estaria tentando colocar “o vinho novo dos fenômenos atômicos dentro das velhas garrafas da Física Clássica”, enquanto que Schrödinger “sugeriu colocá-lo em garrafas inteiramente novas”

(WESSELS, L., “Schrödinger’s Interpretations of Wave Mechanics”, 1975, apud. BITBOL, 1996, p. 23).

Como já pudemos notar nas seções anteriores, Schrödinger defendia uma mudança de atitude frente aos resultados da Física Quântica. Veremos que muitas das suas críticas à interpretação dominante originavam-se na manutenção, por parte deles, de conceitos físicos clássicos e ideias filosóficas tradicionais, ao mesmo tempo misturando-os com novas concepções. Um exemplo é o conceito de partícula. Segundo Bitbol, “no domínio quântico, com efeito, o essencial do segundo plano de verificações empíricas, que daria um conteúdo ao conceito [de partícula], desapareceu” (BITBOL, 1992a, p. 11). Ou seja, desapareceu a possibilidade de ‘verificar’ empiricamente o que se chamava de partícula, em virtude dos resultados dos experimentos quânticos apontarem para que não fosse mais possível identificar as características atribuídas às partículas clássicas.

Bitbol (1996, p. 20) diz que Schrödinger foi mal interpretado; consideravam-no conservador, quando na verdade seu pensamento caracterizava-se mais como pós-revolucionário. Acreditamos ser esclarecedor comentarmos um pouco mais sobre a classificação de Bitbol, que não segue os padrões usuais dos textos que falam sobre a História da Física Quântica. A reclassificação de Bitbol pretende fazer mais justiça às ideias do próprio Schrödinger, ajudando a mitigar essa imagem de conservador, com relação à Filosofia e à Física, que foi construída a partir da perspectiva da escola dominante na Física Quântica.

Segundo Bitbol, em geral se dividem os cientistas envolvidos no desenvolvimento da Física Quântica em dois grupos: 1. Os ‘clássicos’, de que fariam parte de Broglie, Einstein e Schrödinger; 2. Os ‘modernos’, de que seriam os principais representantes os adeptos do grupo de Copenhague. Bitbol (1996, p. 25) propõe uma nova divisão, em três grupos: 1. Os ‘clássicos’, em que se poderia incluir de Broglie, Schrödinger (até 1926) e principalmente Einstein; 2. Os ‘modernos’, representados por Heisenberg, Pauli, Dirac, Born, Jordan e principalmente Bohr; 3. Os ‘pós-modernos’, em que se enquadrariam Schrödinger (depois de 1926), além de Einstein e Bohr, estes dois últimos somente sob certos aspectos do pensamento tardio. Anteriormente neste capítulo, vimos o motivo da mudança de Schrödinger em 1926, que está relacionada com a diferença que ele

passou a admitir entre o conteúdo representado e os eventos observados na Ciência.

Vamos passar a tratar agora mais especificamente das críticas a algumas ideias do grupo que Bitbol denominou os ‘modernos’.

3.5.2. Sobre o Princípio da Incerteza

Pouco depois de 1926, os textos com caráter filosófico de Schrödinger já contêm exemplos de discordâncias do grupo dos ‘modernos’. Por exemplo, em “Conceptual Models in Physics and their Philosophical Value”, de 1928, Schrödinger faz uma crítica ao Princípio da Incerteza. Ele diz que essas ideias são “satisfatórias de certo modo, uma vez que nos consolam das tentativas malsucedidas que fizemos de afirmar o predicado de existência real para nossos esquemas detalhados, através de observações virtuais (senão reais)” (SCHRÖDINGER, [1928], p. 127). Mais adiante, afirma que

“por outro lado, no entanto, a ideia de Heisenberg é profundamente desconcertante. Ela faz com que seja excessivamente difícil usar todos os termos e conceitos que empregamos até então. Muitas questões sérias que foram previamente feitas tornaram-se ilusórias” (SCHRÖDINGER, [1928], p. 127).

Vale a pena nos atermos um pouco a essas afirmações.

A primeira observação a ser feita é que nitidamente Schrödinger não estava se opondo completamente à ideia de Heisenberg a respeito da incerteza. Via nessa ideia um lado bom, que era o de desmascarar, de certa forma, a imagem tradicional das construções da Ciência. Até então se procurava fazê-las corresponder perfeitamente à realidade empírica, o que sabemos, tendo em vista o que vimos anteriormente, que Schrödinger não aceitava.

Schrödinger procurava justamente derrubar a ideia de correspondência estrita entre teorias e fatos observados. Nesse aspecto, apoiava a ideia de Heisenberg. Mas Schrödinger não concordava totalmente, e fazia críticas que eram pertinentes no sentido de apontar aspectos que, ele acreditava, precisavam ser revistos, e aos quais possivelmente os seus opositores não teriam prestado a devida atenção. Aliás, esse parece ser o tom das críticas de Schrödinger na maioria das

controvérsias que apresentaremos aqui. Ele chega a afirmar que “em 20 anos de existência, sérias objeções têm sido levantadas uma após a outra contra a interpretação corrente⁹⁵. *Algumas delas não foram solucionadas, mas arquivadas*” (SCHRÖDINGER, [1949], p. 103, grifos do autor). E em geral esses pontos que Schrödinger enxergava como problemáticos estavam relacionados a problemas filosóficos.

Outra observação importante sobre as afirmações citadas de Schrödinger é que, de fato, elas dão margem a uma interpretação ambígua. Ao mesmo tempo em que, conhecendo o seu projeto epistemológico, chegamos às conclusões acima, poderíamos interpretar essas palavras como ‘conservadoras’. Fora desse contexto, essas frases parecem as de quem não quer se desligar dos velhos conceitos. É dessa maneira que os ‘modernos’ parecem ter interpretado as palavras de Schrödinger.

Porém, a crítica de Schrödinger não se baseava apenas em pressupostos dos opositores. Essa crítica também é coerente com uma ideia que ele próprio sempre procurou manter: a da necessidade de, ou pelo menos preferência a, descrições claras e sem lacunas na Ciência. Segundo Schrödinger ([1928], p. 128), um dos problemas que as ideias sobre incerteza traziam era a impossibilidade de se construir modelos sem lacunas em nosso conhecimento. Relembrando o que expusemos no capítulo 2 deste trabalho, o princípio da incerteza impediria que pudéssemos fazer a medição de dois observáveis incompatíveis, como velocidade e posição; conseqüentemente apareceria uma falha, um ‘buraco’ na descrição. Conforme já ressaltamos, para Schrödinger (pelo menos a partir de 1926) essa descrição não corresponde aos fatos observados; por isso, ela não precisaria ser incompleta. É sempre possível, segundo Schrödinger ([1951], p. 85), uma descrição maximal, no sentido de que envolve o máximo de variáveis possível.

Sobre a descontinuidade das observações, Schrödinger estava de acordo com os outros, com duas ressalvas que diferenciam sensivelmente sua posição. Segundo ele, “toda observação quantitativa, toda observação fazendo uso de medição, é por natureza descontínua” (SCHRÖDINGER, [1932a], p.59). Só que, e aqui vai a primeira ressalva, Schrödinger se recusava a aceitar a ideia de que a descontinuidade fosse tomada como intrínseca aos objetos que se procurava descrever (cf. BITBOL, 1996, p. 11), o que está de acordo com a ideia de que a teoria

⁹⁵ Schrödinger se refere à Interpretação Ortodoxa.

científica abstrai da experiência, criando um novo objeto de estudo, que se relaciona com a experiência através de uma interpretação.

A segunda ressalva diz respeito à sua afirmação, em *Science et Humanisme*, de que haveria relação dessa descontinuidade com o problema da individualidade. Segundo Schrödinger ([1951], p. 45), quando se faz uma observação após a outra, espera-se que seja a mesma partícula nos dois instantes. No entanto, não se poderia fazer essa afirmação. Assim, Schrödinger dá a entender que a continuidade no tempo, que seria um requisito para a identidade, falha na Física Quântica.

É justamente essa a interpretação de French & Krause (2006, p. 120), que também afirmam que Schrödinger não só defendia a rejeição da individualidade nas partículas quânticas, como também pensava mais seriamente do que muitos outros físicos sobre as implicações que essa rejeição poderia ter para uma interpretação da Mecânica Quântica. Segundo eles, surge uma tensão na Interpretação Ortodoxa quanto à aceitação da não-individualidade de partículas quânticas e “Schrödinger argumentou que essa tensão era tão grande que de fato minou a própria visão ortodoxa. O que era preciso, ele insistiu, era uma nova interpretação capaz de acomodar essa não-individualidade” (FRENCH & KRAUSE, 2006, p. 119).

Portanto, diante da mudança na concepção da matéria, não se poderia mais manter a imagem das partículas como coisas individuais e permanentes. Elas passaram a ser consideradas como eventos discretos, que às vezes formam cadeias e dão ilusão de algo permanente (cf. SCHRÖDINGER, [1951], p. 46). Logo, não podemos mais pensar na possibilidade de observações contínuas; há lacunas inevitáveis entre as observações.

Ainda sobre críticas relacionadas ao princípio da incerteza, mais um indício de que Schrödinger não era simplesmente contrário à ideia é parte de um texto em que Schrödinger ([1949], pp. 104-105) discute o problema. Seu argumento nesse texto é o de que as explicações ‘positivistas’⁹⁶ não seriam suficientes diante da dificuldade em interpretar a incerteza e a estatística que estão contidas nas informações que se obtêm nos experimentos quânticos. Schrödinger chama de

⁹⁶ Algumas ideias do grupo de Copenhague são identificadas como ‘positivistas’ por alguns autores, como Schrödinger, nesse trecho. Pessoa Jr. (2003, p. 100) também usa essa terminologia, ressaltando inclusive que o uso que faz do termo restringe-se à discussão sobre realismo e anti-realismo nas Ciências Naturais, não devendo ser identificado com o uso de ‘positivismo’ em outras áreas da Filosofia.

positivistas as explicações segundo as quais nada se poderia afirmar sobre um sistema físico antes do instante da medição.

Para reforçar sua argumentação, Schrödinger ([1949], pp. 105-107) propõe um experimento que, segundo ele, contradiria o Princípio da Incerteza como concebido por Heisenberg. O experimento consiste em considerar um sistema composto de uma ‘massa pontual’ (*mass point*), colocado em coordenadas espaciais bem determinadas, mas com momento e velocidade indefinidos. Chama-se de K a posição inicial do objeto. Segundo a visão ‘positivista’, não se poderia dizer que o ponto de massa tem uma velocidade bem definida em K , até que ela seja medida. Schrödinger propõe observá-lo após um segundo e medir, então, as coordenadas de posição novamente, chamando esse novo valor de K' . Por mais próximo que o objeto esteja, é possível traçar um vetor e calcular a velocidade do objeto em K' . Logo, ele teria uma velocidade em K' , mesmo não tendo sido medida.

Diante disso, segundo Schrödinger, haveria duas alternativas: 1. Negar que a velocidade é que provoca o movimento; 2. Assumir que a medição estaria ‘produzindo’ a partícula em K' . Nenhuma delas seria satisfatória para ele; a primeira causaria considerável estrago na Física e a segunda acarretaria mudar o passado.

O que Schrödinger pretende com a proposta desse experimento é levar as explicações que ele denomina positivistas a uma contradição. Supondo que só é possível obter o valor da velocidade no instante em que ela é medida, Schrödinger chega a um valor de velocidade sem que tivesse havido nenhuma medição em K , contradizendo o pressuposto.

As críticas de Schrödinger visavam à discussão desses ‘esqueletos no armário’ dos adeptos da Interpretação de Copenhague. Mas vejamos qual a versão da História contada pelo outro lado. Bohr se referiu a esse tipo de experimento já em 1928. Ele descreve exatamente o que Schrödinger propõe:

“de fato, a posição de um indivíduo em dois instantes definidos pode ser medida com qualquer grau de acurácia; mas se, a partir dessas medições, calculássemos a velocidade do indivíduo de maneira ordinária, tem que se perceber claramente que estamos lidando com uma abstração, a partir da qual nenhuma informação sem ambiguidades concernente ao comportamento prévio ou futuro

do indivíduo pode ser obtida” (BOHR, [1928], p. 145).

Na mesma página, ele alega que o conceito de ‘velocidade’ deve ser tratado com cuidado em Física Quântica, e que o Postulado Quântico impediria uma definição precisa para a velocidade. De fato, a velocidade como calculada ‘ordinariamente’, ou classicamente, exigiria tempo contínuo. Como as observações são descontínuas, isso não seria possível. Segundo Pessoa Jr., em nota de tradução, pode-se chamar esse problema de ‘retrodição’. Sua aceitação invalidaria a aplicação do princípio da incerteza para instantes no passado (cf. BOHR, [1928], p. 145, nota 19). Nesse texto, Bohr não aceita que a retrodição possa ocorrer. Pode-se dizer que ele considera que a informação de uma medição passada não pode ser utilizada junto com a de uma nova medição. Isso pode ser chamado de ‘independência das medições’. Para cada nova medição, as anteriores deveriam ser esquecidas, por assim dizer.

A argumentação de Schrödinger nesse experimento mostra que não somente suas ideias não eram bem compreendidas pelos cientistas adeptos das explicações positivistas, como também o próprio Schrödinger não tinha clareza sobre quais eram os pressupostos do grupo que as defendia. Em sua crítica, ele supõe que as explicações positivistas aceitariam a retrodição, o que não é o caso de Bohr nesse momento. Schrödinger também ignorou a independência das medições. Permanece a crítica com respeito à individualidade do objeto: como se poderia saber se seria ‘o mesmo’ em K ? Essa pergunta não é respondida pela interpretação de Bohr.

3.5.3. Sobre a constituição da matéria

Motivado pela discussão sobre a incerteza, Schrödinger aponta constantemente um problema em suas críticas: o da incompatibilidade entre conceitos que vinham sendo usados tradicionalmente na Física e os novos princípios. O vinho novo, de que a incerteza poderia ser um dos ingredientes, não deveria ser colocado em velhas garrafas. Muitas questões antigas perderiam o sentido e, para Schrödinger, isso significava que não se poderiam conciliar os novos princípios com outros conceitos que a elas estavam atrelados. Em uma carta a Eddington, Schrödinger afirma que nem mesmo falar em ‘posição’ (*place*) de um elétron não fazia mais sentido, pois ele não pode ser

observado. É possível relacionar essa afirmação à sua defesa do uso de imagens, ou desenhos, como espécies de ‘muletas’ na Física⁹⁷. Para ele, os mesmos físicos que o criticavam por essa defesa do uso de imagens não estavam se dando conta de que faziam constantemente uso de imagens até mesmo inconscientemente.

Outro exemplo são as mudanças na concepção Física do que é a matéria, que deveriam ser levadas em conta, para Schrödinger ([1951], p.32). Ele afirma que, durante a 2ª metade do século XIX, a matéria era tida como aquela coisa permanente em que nos poderíamos ‘agarrar’. Todas as suas partes estavam submissas a leis rígidas. Mas de 1900 a 1950, aproximadamente (ele se refere ao ‘último meio século’) a concepção de matéria muda completamente:

“Pode-se dizer, em todo caso, que a matéria deixou de ser aquela coisa simples, palpável, que se põe no espaço, da qual se pode seguir a trajetória, da qual cada parte pode ser seguida no seu próprio movimento – enfim, tal que se podem enunciar as leis precisas que regem seu movimento” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 33).

Tendo em vista essa revolução, Schrödinger achava que não fazia sentido manter o conceito de partícula para algo de que já não se podia acompanhar a trajetória, por exemplo. Ademais, o que ele considerava mais importante nessas mudanças é que elas pareciam desencorajar as tentativas de descrição da natureza. A Física começava a se tornar consciente de que construía seu objeto.

O abandono do conceito clássico de partícula implica que também não se poderia afirmar que a própria matéria fosse constituída de partículas. Segundo French & Krause (2006, p. 125), a crítica se dirigia à identificação de uma partícula com uma porção individual de matéria, o que levaria a crer que a matéria fosse, então, composta dessas pequenas porções individuais. Além disso, para Schrödinger, “as concepções fundamentais da Mecânica Quântica, quando vistas do ângulo da base epistemológica do conceito de matéria, nos desautorizam a ver a matéria como constituída de partículas” (SCHRÖDINGER, [1949], p. 97). Fica claro, nesse trecho, qual é o âmbito da discussão de

⁹⁷ Bitbol discorre sobre a defesa de Schrödinger do uso de imagens em Bitbol, 1996, pp. 64-71.

Schrödinger sobre a constituição da matéria, a saber, o âmbito filosófico.

Podemos buscar essa concepção de matéria, no sentido epistemológico, nas próprias ideias de Schrödinger: equivaleria aos objetos do cotidiano, ao nosso redor. Estes não poderiam ser constituídos de partículas, que seriam objetos construídos pela Ciência. Ademais, Schrödinger ([1949], p. 98) diz que a matéria para o filósofo é constituída de coisas observáveis, mas não no mesmo sentido do que é um ‘observável’ na Física.

Na Física, como vimos no capítulo 2 deste trabalho, um observável é basicamente uma grandeza a ser medida. Segundo Schrödinger, a matéria para o filósofo teria o sentido mais comum do que ‘se pode observar’, ou ver, ou ter contato através dos sentidos. As construções da Mecânica Quântica não podem ser observadas nesse sentido, pois a maior parte da informação sobre elas é obtida de maneira indireta. Conforme Pessoa Jr., a ‘posição’ é praticamente o único observável medido de maneira direta, “em geral eles [outros observáveis] são determinados de maneira indireta, a partir de uma medição direta de posição” (PESSOA JR., 2003, p. 52).

Em meio a essas discussões, há ainda a questão importante da identidade dos objetos da Física. Para Schrödinger, haveria muitos indícios sobre a não individualidade dos objetos quânticos; desse modo, “como a individualidade aparece nos objetos compostos de elementos não individuais?” (SCHRÖDINGER, [1951], p.38). Os pedaços de matéria seriam indivíduos, pois é possível distingui-los, mas eles seriam formados de partes sem individualidade; dessa forma, “o material de construção é de uma natureza completamente diferente do que é construído com ele” (SCHRÖDINGER, [1949], p. 98).

Enfim, as mudanças de atitude propostas pelo projeto epistemológico de Schrödinger não permitiriam mais que se afirmasse que a matéria fosse constituída de qualquer entidade construída pela Ciência, em especial, pela Mecânica Quântica. Segundo ele, “a Mecânica Quântica pára tão logo alguma coisa alcance os nossos sentidos” (SCHRÖDINGER, [1949], p. 98).

3.5.4. Sobre a dualidade onda-partícula

Outra crítica diz respeito às controvérsias que neste trabalho estamos chamando de ‘dualidade onda-partícula’, a respeito da natureza

da luz. Schrödinger diz que as contradições sobre “a luz compartilhar as propriedades da radiação ondulatória e da radiação corpuscular” surgiram da crença “na viabilidade de observações as quais são impraticáveis” (SCHRÖDINGER, [1928], p. 127). Vamos falar sobre o sentido dessa afirmação mais adiante.

No livro de 1951, Schrödinger ([1951], p. 61) conta brevemente uma parte da História da Teoria Ondulatória. Diz que por volta de 1690 se acreditava na existência real das ondas de luz. Um dos principais cientistas representantes dessa visão seria Huygens. Schrödinger afirma que a mesma concepção permanecia à época em que escrevia. Entre os físicos experimentais não se poderia encontrar ninguém que dissesse que as ondas não existissem. Não havia motivo para se duvidar da realidade das ondas, uma vez que fazendo um experimento simples apareceriam as franjas de interferência (que temos chamado neste trabalho de padrão de interferência)⁹⁸.

Mas outros experimentos foram feitos resultando, por exemplo, que raios catódicos apresentavam interferência. Antes do experimento com esses raios, pensava-se que eles fossem constituídos de elétrons (como partículas individuais). Além disso, havia evidências de que a luz também fosse constituída de partículas, os fótons. Esses seriam motivos para duvidar da existência real das ondas de luz. Embora o conceito de onda não fosse satisfatório, Schrödinger ([1951], p.63) defende que o conceito de partícula individual e permanente não era mais suficiente para compreender esses fenômenos.

Tendo em vista corroborar sua conclusão de que o conceito de partícula deveria ser abandonado, Schrödinger passa a descrever, nas pp. 63-67, o experimento das duas fendas, da mesma maneira que fizemos no capítulo 2 deste trabalho. Mas visando obter uma contradição ele supõe, por absurdo, que são partículas, classicamente concebidas, que são lançadas no início do experimento. A interferência aparece quando da abertura das duas fendas ao mesmo tempo, conforme o que descrevemos no capítulo 2.

Schrödinger conclui que, diante dos resultados desse experimento,

⁹⁸ Na p. 62 do mesmo texto, Schrödinger descreve que isso seria feito através de um experimento que nos parece uma versão simplificada e mais rudimentar do experimento das duas fendas, que descrevemos no capítulo 2 deste trabalho.

“devemos (...) abandonar a ideia de reconstituir, até sua origem, a história de uma partícula que se manifesta sobre a placa (...). *Não podemos dizer onde se achava a partícula antes de tocar a placa.* Não podemos dizer através de qual abertura ela veio. Essa é uma das lacunas típicas de nossa descrição de eventos observáveis, e ao mesmo tempo um exemplo muito característico de falta de individualidade das partículas” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 67, grifos do autor).

É importante salientar a ênfase nas lacunas que aparecem quando se pretende descrever eventos observáveis. Certas observações, como a das trajetórias, seriam impraticáveis, portanto, conforme a citação anterior de Schrödinger. Ele enfatiza ainda o problema da falta de individualidade que, para ele, não se poderia ignorar. A rejeição da individualidade de objetos quânticos era uma das mudanças radicais na maneira de olhar os objetos da Ciência que, segundo ele, precisavam acontecer, motivadas pelos resultados de experimentos quânticos.

Esses problemas com o conceito de partícula sugerem, para Schrödinger, que esse conceito não seria mais sustentável na Física Quântica. Schrödinger ([1951], p. 63-64) defendia que se poderia pensar em uma concepção completamente nova, em que ao invés de partículas houvesse ‘eventos’, por exemplo, que se produzem nas frentes de onda.

3.5.5. Sobre determinismo e indeterminismo na Física

Schrödinger discute em muitos textos a presença do indeterminismo na Física. Por vezes, segundo Schrödinger, a discussão era confundida com a da causalidade. Ele diz não querer entrar na controvérsia sobre a diferença entre os problemas, mas aborda os dois em separado. A questão acerca do ‘determinismo’ na Física poderia, para ele, ser formulada da seguinte maneira: “dado qualquer sistema físico, é possível, pelo menos em teoria, fazer uma predição exata do seu comportamento futuro, desde que sua natureza e condição em dado ponto do tempo sejam exatamente conhecidos?” (SCHRÖDINGER, [1932a], p. 43). Em outras palavras, a questão é sobre a possibilidade, em princípio, de prever como um sistema físico irá se ‘comportar’, conhecidas as suas condições iniciais.

Na Mecânica Clássica, não havia dúvidas de que a resposta era positiva, segundo Schrödinger ([1932a], p. 44). Mas os experimentos que vinham sendo feitos à época não poderiam, para ele, ser compreendidos no modelo determinista. Por isso, muitos físicos teriam começado a duvidar se o determinismo correspondia ao que de fato ocorre na natureza. No entanto, um problema talvez ainda mais intrincado surgisse com o abandono do determinismo na Física Quântica: como porções grandes de matéria, com que os físicos lidam através da Física Clássica, poderiam ser formadas de partículas que não seguem o determinismo? Conforme discutimos na seção 3.5.3., Schrödinger defendia a ideia de que a matéria não era formada dessas partículas, e essa era uma das questões que, para ele, precisavam ficar claras.

Outro ponto que Schrödinger quer esclarecer é que a ideia de indeterminação e mesmo de estatística na Física não eram coisas absolutamente novas; a estatística já estava sendo incluída na Física, segundo ele, havia 50 anos (cf. SCHRÖDINGER, [1932a], pp. 51-52). Na verdade, ele pretendia chamar a atenção para o fato de que não seriam os experimentos da Mecânica Quântica, do início do século XX, que conteriam alguma espécie de magia, revelando segredos até então escondidos. Estaria ocorrendo sim uma grande mudança, uma crise como definiu Schrödinger, mas que não fora levada a cabo da noite para o dia. Os resultados observados com a Mecânica Quântica podiam ser vistos, segundo ele, como decorrentes de um processo iniciado havia pelo menos 50 anos, senão mais. A impressão que temos é que sua inquietação estava no fato de que o caráter de novidade dos resultados era muito enfatizado, e isso desviaria talvez a atenção, principalmente do ponto de vista epistemológico, de problemas mais importantes.

Seu questionamento de “por que ninguém dizia, quarenta ou cinquenta anos atrás que a Física [...] foi compelida a desistir da causalidade e do determinismo” (SCHRÖDINGER, 1932a, p. 54) é uma dessas questões mais profundas. Segundo Schrödinger ([1932a], p. 57), o motivo era que o determinismo funcionava, até então. O processo que foi inserindo aos poucos a estatística na Física teria provocado a mudança. Leis estatísticas não seriam mais argumentos racionais para manter o determinismo. Entender o argumento é simples: se o determinismo era endossado por supostas ‘leis da natureza’, a introdução de leis estatísticas estaria dando margem para o

questionamento do determinismo. Porém, isso só parece ter sido enxergado com o advento da Mecânica Quântica.

Além disso, o determinismo valeria para partículas, ou pontos materiais, no sentido ‘antigo’ do termo. O que não é mais o caso na Física Quântica. Schrödinger afirma que “o objeto a que a Mecânica Quântica se refere (...) não é um ponto material no sentido antigo da palavra” (SCHRÖDINGER, 1932a, p. 58). Logo, para os processos ocorridos dentro do átomo, dever-se-iam abandonar as ideias atreladas à concepção utilizada para corpos macroscópicos. Por exemplo, deveriam ser abandonadas as ideias de trajetórias bem definidas e até mesmo de localização inicial bem definida. Para átomos e moléculas, não seria apenas difícil prever o comportamento futuro, mas a própria posição inicial. O conhecimento das condições iniciais é requisito para o determinismo funcionar; se não é possível supô-las, de fato o princípio cairia por terra.

3.5.6. Sobre o Princípio da Causalidade

É vasto o material que se encontra nas obras, de cunho filosófico ou não, de Schrödinger, a respeito da causalidade. Não temos o intuito de discorrer sobre o desenvolvimento desse conceito em sua obra, o que demandaria sem dúvida um trabalho à parte. Vamos comentar brevemente, no entanto, o assunto, por acreditarmos que suas ideias sobre causalidade levam a importantes consequências para a revisão de conceitos tradicionais na Filosofia da Ciência.

Schrödinger (1935c, p. 34) refere-se à causalidade como nossa expectativa de que, transferindo para o futuro inferências que foram úteis no passado, elas continuarão sendo úteis. Segundo ele, esse comportamento nos foi favorável evolutivamente, tanto que “o mero fato de que nós, seres humanos, sobrevivemos para levantar a questão, em certo sentido indica a resposta requerida!” (SCHRÖDINGER, 1935c, p. 34).

No entanto, conforme já comentamos no capítulo 2 deste trabalho, a Física Quântica apresenta fortes indícios de que esse princípio é questionável. Para Schrödinger, certamente ele não é apriorístico, não sendo uma característica imutável da racionalidade humana. Sobre a influência dos experimentos que vinham sendo feitos no período que hoje identificamos como o início do desenvolvimento da Física Quântica, comenta: “a controvérsia corrente sobre o princípio da

causalidade é uma fase em nossa mudança de atitude intelectual” (SCHRÖDINGER, 1935c, p.42). A análise de trechos como esse, somada ao que se conclui da exposição de suas ideias neste capítulo, dão a entender que Schrödinger rejeitava que a racionalidade humana fosse pronta e acabada, mas que poderia se adaptar às novas surpresas que a Ciência lhe reservava.

Não haveria, portanto, necessidade alguma de tentar manter o princípio da causalidade a todo custo. Ele sucumbiria na Física Quântica, o que não deveria ser considerado um fato admirável. Schrödinger ([1951], p.48) atribuiu a admiração diante dos resultados dos experimentos quânticos à expectativa quanto à causalidade, em nível macroscópico.

Para Bitbol (1996, p. 17), a não aceitação, por parte de Schrödinger, da Interpretação Estatística⁹⁹ de Born, deve-se ao fato de que esta rejeita a causalidade, ignorando sua utilidade em nível macroscópico. Segundo a interpretação de Born descrita por Bitbol, a probabilidade seria considerada uma lei da natureza, expressa pela regra de Born, de que já falamos no capítulo 2 desta dissertação. No entanto, para Schrödinger, os processos naturais macroscópicos ocorreriam sempre obedecendo a causalidade, o que tem mantido esse princípio como válido nesse contexto. Essa interpretação, atribuída a Born, não explicaria por que as leis da natureza seriam tão diferentes nos dois níveis, macroscópico e microscópico; mais que isso, essa interpretação não teria um bom substituto para a causalidade em nível macroscópico.

3.5.7. Sobre a distinção sujeito/objeto

As considerações de Schrödinger sobre o modo como o grupo dominante da Física Quântica via a questão da distinção sujeito/objeto estão principalmente em *Science et Humanisme* ([1951], p. 69). O assunto surge quando ele está discutindo a questão da impossibilidade das descrições contínuas diante do quadro da Física Quântica. Seria essa impossibilidade fundada em fatos irrefutáveis? Mais uma vez, perceberemos que a crítica de Schrödinger pretende alertar para falhas na interpretação dominante ou mesmo para outras maneiras, as quais não estavam sendo consideradas, de se conceber essas explicações.

Schrödinger ([1951], p. 69) relata que Heisenberg e Bohr formularam uma teoria engenhosa, em que um ponto fundamental é a

⁹⁹ Uma exposição dessa interpretação pode ser encontrada em Born (1955).

afirmação de que não é possível obter informação, na Física Quântica, sem haver ‘contato’, interferir, com o objeto investigado. Essa perturbação seria causada pela interferência do observador e não poderia nem ser deixada de lado, nem totalmente explicada. Além do mais, não se poderia dizer que eles defendiam existir “efetivamente um objeto físico perfeitamente determinado, mas eu nunca poderei saber tudo a seu respeito, [...] afirmar isso seria me equivocar completamente sobre o que Bohr e Heisenberg e seus partidários quiseram realmente dizer” (SCHRÖDINGER, [1951], p.70).

Bohr e Heisenberg pretendiam dizer, conforme Schrödinger, que o objeto não é independente do sujeito, e que as últimas descobertas levariam à fronteira que não é clara entre sujeito e objeto. Que diante dos avanços e dos experimentos novos da Mecânica Quântica “essa misteriosa fronteira entre sujeito e objeto *desmorona*” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 70). Schrödinger não afirma discordar completamente dessas opiniões, mas tem objeções.

A primeira objeção se caracterizaria mais como uma opinião que um argumento, segundo ele. Schrödinger diz não acreditar que a resposta à questão da distinção sujeito/objeto pudesse depender de medições, resultados experimentais e máquinas. Não sabia explicar claramente o porquê na época. A segunda objeção diz respeito ao suposto caráter de novidade da situação na Física Quântica. Segundo ele, a afirmação de que todo experimento depende do sujeito e que os dois seriam emaranhados “é tão velha quanto a própria Ciência” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 71). Concorda, no entanto, que na Física Quântica ela traria algo de novo, uma vez que na Física Clássica o emaranhamento poderia ser corrigido teoricamente.

Já haviam sido consideradas, no decorrer da História da Ciência, duas direções nessa relação: a impressão causada pelo objeto no sujeito e o estado do sujeito que a recebe. Segundo Schrödinger, na sua época a impressão causal era considerada mútua, ou seja, a Física Quântica teria trazido novamente à tona essa interação mútua. O sujeito teria também interferência no estado do objeto. Mas ainda restaria a dúvida: “usamos uma linguagem apropriada quando chamamos um dos sistemas em interação física de sujeito?” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 72). A resposta, para ele, é não. O ‘sujeito’ é um termo que ele prefere usar para a mente do observador, que não é um sistema físico, então não poderia estar em interação com o objeto.

Segundo Bitbol (1992a, p.10), Schrödinger achava que esse termo ‘sujeito’ estava sendo aplicado erroneamente. O erro estaria em dizer que o ‘sujeito’ interage com o objeto submetido à medição. O ‘sujeito’ schrödingeriano seria algo em outro nível ontológico, a saber, a mente que observa. Para entender melhor essa crítica, devemos levar em conta que para Schrödinger a Ciência, em especial a Física, vem se desenvolvendo com base no ‘princípio da objetivação’. De início, para a Ciência, a mente não poderia ser encontrada na realidade objetiva que é investigada, e já mencionamos o seu alerta para o perigo de incluí-la inadvertidamente nesse ‘mundo objetivo’.

Ainda conforme interpreta Bitbol (1992a, p.10), Schrödinger admitiria falar em interação mútua entre sujeito e objeto nos experimentos, desde que se qualificasse o termo ‘sujeito’. A afirmação sobre a interação poderia ser feita se o sujeito se referisse só a um fragmento de corpo material. Ele fugiria, assim, de uma descrição subjetivista do mundo, segundo Bitbol.

No entanto pode-se dizer que não é Schrödinger, propriamente, quem foge disso, mas a própria Ciência. Schrödinger deixa claro que suas reflexões sobre o princípio da objetivação “só expressam aquilo que realmente mantivemos na Ciência Física durante muitos e muitos séculos e que não é fácil de ser mudado” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 139).

Além disso, as críticas que faz seriam

“do ponto de vista de que aceitamos a discriminação consagrada pelo tempo entre sujeito e objeto. Embora tenhamos que aceitá-la na vida cotidiana ‘para referência prática’, devemos, acredito eu, abandoná-la no pensamento filosófico” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 140).

Pensamos que o cuidado com que Schrödinger tratava a introdução, da maneira que defendiam Heisenberg e Bohr, da subjetividade na Ciência Física, teria sua origem nessa última afirmação citada. Na seção 4.2., apresentaremos um pouco mais das ideias de Schrödinger sobre subjetividade e objetividade na Ciência.

As ideias de Schrödinger com respeito à distinção sujeito/objeto serão desenvolvidas mais longamente no capítulo seguinte. Uma explicação faz-se necessária neste ponto, antes disso. Apresentamos algumas controvérsias entre Schrödinger e outros grupos de

interpretação da Física Quântica, principalmente o grupo que chamamos de Copenhague. Essa exposição foi feita com o intuito de ressaltar a multiplicação de diferentes visões dessa área da Física como defensáveis.

Ao mesmo tempo, pretendemos esclarecer que a supremacia da Interpretação de Copenhague não se deve necessariamente à perfeição de seus argumentos; Schrödinger mostra neles algumas falhas. O estabelecimento dessa supremacia pode ter ocorrido devido a diversos fatores, desde motivos absolutamente racionais, e internos à teoria, até mesmo talvez ao gosto pessoal dos cientistas e o que se pode chamar de ‘força política’ do grupo de Copenhague na Ciência. De qualquer forma, uma dessas razões parece ter sido a aproximação a teses instrumentalistas por parte dos cientistas adeptos dessa interpretação, a qual se tornou dominante.

Nesta dissertação, não pretendemos uma defesa do instrumentalismo; por isso, é necessário distinguir dois níveis diferentes em que o termo é inserido em nossa argumentação. O primeiro nível é o da Ciência. Defendemos que o instrumentalismo é popularizado entre os cientistas com o desenvolvimento da Física Quântica, e que isso seria inconsistente com o realismo científico pressuposto pela noção tradicional de objetividade. O segundo nível em que se poderia incluir o termo é o da análise filosófica, embora não venhamos a desenvolver mais atentamente esse ponto.

Olhando para a Física Quântica, incluindo todas as interpretações que são compatíveis com o formalismo mínimo e consistentes com os experimentos, algum tipo de instrumentalismo parece ser a atitude que melhor se adapta à situação, por parte do filósofo que a analisa. Todas essas interpretações, independentemente de seus pressupostos realistas ou instrumentalistas, funcionam, por assim dizer. O ‘funcionar’ diz respeito à consistência com os experimentos, que é muito importante para que não haja trivialização, ou seja, que não se estabeleça que toda interpretação possa ser válida.

4. OBJETIVIDADE CIENTÍFICA COM UMA FACE HUMANA

“Não digo que a Ciência é útil porque nos ensina a construir máquinas; digo que as máquinas são úteis porque, ao trabalhar para nós, um dia nos deixarão mais tempo livre para fazer Ciência.”

Henri Poincaré,
O Valor da Ciência.

Nos capítulos anteriores, introduzimos a discussão da objetividade científica, dando ênfase ao conceito tradicional de objetividade. Apresentamos também um panorama geral dos problemas filosóficos motivados pela Física Quântica e mostramos que essa noção tradicional não é coerente com o que observamos na História recente da prática científica nesse campo. Os principais pontos problemáticos seriam as distinções pressupostas por essa noção, tais como sujeito/objeto e fatos/teorias. Nesse contexto, defendemos que é preciso considerar como o objeto da Ciência é construído, e apresentamos a visão de Schrödinger a respeito. Conforme vimos, Schrödinger discutiu também outros temas de Filosofia da Física.

O objetivo deste capítulo é, a partir das reflexões anteriores, extrair dos textos filosóficos de Schrödinger suas ideias a respeito do que hoje se reconhece na Filosofia da Ciência como a discussão sobre objetividade científica. Pretendemos inserir Schrödinger nessa discussão mais atual, comparando suas ideias com os sentidos apontados por Megill.

O título deste capítulo faz referência a uma frase de Ben-Menahem que usa a expressão ‘Filosofia com uma face humana’,¹⁰⁰ para se referir às ideias de Schrödinger. A concepção de objetividade que destas ideias pretendemos resgatar, portanto, será bastante influenciada por essa face humana, cuja importância para o próprio Schrödinger foi ressaltada na seção **3.4**.

¹⁰⁰ Trata-se de uma paráfrase do título de um livro de Putnam, *Realismo com uma Face Humana*, [1990].

4.1. A rejeição dos dualismos

“Lá onde nossa linguagem autoriza presumir um corpo, e não existe corpo algum, lá desejaríamos dizer, existe uma mente.”

Ludwig Wittgenstein,
Investigações Filosóficas.

Nesta seção, pretendemos enfatizar a rejeição, por parte de Schrödinger, dos dualismos filosóficos já mencionados. Contamos com a defesa de que Schrödinger rejeitava as distinções em Bitbol (1996), pp. 238-266. Bitbol faz aí uma introdução ao tema dos dualismos e discute qual seria a posição de Schrödinger nesse debate. Vamos comentar esse trecho de Bitbol, que nos levará a conclusões importantes sobre as concepções de Schrödinger com relação à objetividade científica.

Para começar, Bitbol define ‘dualismo’ da seguinte forma: “uma tentativa de reconhecer a diferença crucial entre duas descrições paralelas, enquanto continuamos a projetá-las no mesmo plano” (BITBOL, 1996, p. 238). Ele diz que a descrição de Schrödinger, que já mencionamos, da nossa tentativa de recolocar o ‘eu’ no mundo objetivo, poderia ser vista como o estabelecimento de um dualismo, justamente por envolver essa projeção. Porém o próprio Schrödinger ([1956], p. 133) alerta que essa projeção tem consequências desastrosas. Bitbol relembra que o paradoxo de relacionar duas coisas consideradas heterogêneas – mente e mundo, ou mente e corpo – já havia aparecido a Descartes. Para Schrödinger, perguntar sobre a ação da mente na matéria ou vice-versa seria uma pergunta mal formulada, no entanto, porque advém do estabelecimento desse dualismo.

Bitbol segue abordando o aparecimento de um dualismo dessa espécie na Mecânica Quântica. Ao falar sobre as perguntas que se faz sobre como, onde e quando o colapso de onda ocorreria, ele afirma: “Essas questões são exatamente isomorfas àquelas que surgem no caso do dualismo mente-corpo (ou intencionalidade-causalidade); e elas são igualmente embaraçosas” (BITBOL, 1996, p. 242). Além da questão do colapso, Bohr teria originalmente introduzido o dualismo em sua interpretação da Mecânica Quântica, defendendo que deveria haver um ‘corte’ entre o domínio quântico e o clássico. Ele teria então estabelecido o dualismo aparelho/objeto, embora admitisse que não fosse possível livrar-se da interação entre ambos, conforme já vimos.

Bohr defendia, segundo Bitbol, que fazer esse corte era uma imposição, de caráter tanto pragmático quanto epistemológico. A imposição pragmática ficava por conta da necessidade do uso da linguagem clássica, e a epistemológica, da ideia inerente de distinção agente/objeto na própria ideia de observação. Bitbol afirma que é essa restrição epistemológica que faz com que Bohr se comprometa com a aceitação do dualismo e os problemas que esta traz.

Von Neumann e Wigner, por exemplo, tentaram uma solução que, de acordo com Bitbol, é ‘cartesiana’: empurrar a fronteira para um dos lados, relegando à consciência do sujeito todo o poder de, por exemplo, fazer colapsar a função de onda. Outra solução possível seria considerar esse sujeito como apenas um ‘para quem’, sem localização espaço-temporal. Mas nenhuma dessas tentativas de solução afasta o problema do dualismo mente/corpo ou fenômeno/realidade, para Bitbol, afinal, continuam sendo formas de dualismo.

Já que o dualismo, em qualquer versão, parece filosoficamente problemático, Bitbol aponta o monismo como uma tentativa de solução alternativa. Ele diz que as formas mais simples de monismo vêm do reducionismo. De um lado, reduzir tudo a explicações causais, o que levaria ao objetivismo; de outro, fazer a redução a explicações intencionais, o que levaria ao idealismo. Esse tipo de solução também não é satisfatório para Bitbol (1996, p. 246), uma vez que na maioria das vezes leva ao restabelecimento do que Putnam chamou de ‘ponto de vista de Deus’. A abordagem que Bitbol acha mais adequada, e que identifica com a posição de Schrödinger, é o que ele chama de ‘paralelismo anômalo’.

Em primeiro lugar, Bitbol apela à noção wittgensteiniana¹⁰¹ de ‘jogos de linguagem’ para definir essa concepção. Esses jogos podem ser os de ‘intencional’, ‘não-intencional’, ‘objetivista’, ‘subjetivista’, ‘fatos observados’ e ‘construções teóricas’, por exemplo. Nos dualismos, esses jogos apareceriam em pares que se opõem e são projetados no mesmo plano. Por exemplo, haveria os jogo ‘intencional vs não-intencional’, ‘objetivista vs subjetivista’ e ‘fatos observados vs construções teóricas’. Já nos monismos, sempre há o privilégio de um dos jogos, mesmo que nas formas anômalas. Isto é, mesmo que o subjetivismo participe de um jogo em que o objetivismo aparece – caso de um monismo anômalo – um dos dois será dominante; podendo haver

¹⁰¹ Vamos nos ater aqui à análise do texto de Bitbol; não é nosso intuito mostrar se ele é fiel às ideias de Wittgenstein.

um privilégio do subjetivismo ou então do objetivismo. O ‘paralelismo’ se distinguiria de ambos, pois nele pode haver relação entre os dois jogos de linguagem, sem prevalência de um deles e ao mesmo tempo sem a projeção de ambos no mesmo plano que exigiria correspondência perfeita. Com o adjetivo ‘anômalo’, Bitbol (1996, p. 252) alude ao fato de que não se pretende que haja uma correlação estrita, perfeita. Além disso, são os ‘contextos’ que definem essas relações, e não regras pré-estabelecidas. Bitbol afirma:

“Intenções podem ser conectadas à cadeia causal num certo contexto de discurso; e semelhantemente, fatos podem ser conectados ao desenvolvimento temporal das funções de onda num certo contexto de interesse (humano)” (BITBOL, 1996, p. 245).

O leitor deve já ter notado a semelhança dessa concepção de Bitbol para com algumas ideias de Schrödinger. A sua noção de interpretação parece ser esse tipo de relação, que não é estrita. Não há projeção, para Schrödinger, das teorias no plano dos fatos observados nos experimentos. A única projeção que pode haver é em direção aos objetos criados pela própria teoria. Pode-se dizer que os objetos cotidianos e os objetos da ciência são de jogos de linguagem diferentes, que se relacionariam mediante uma interpretação.

Bitbol (1996, p. 257) faz inclusive a associação da interpretação de Schrödinger da Mecânica Quântica, depois de 1950, com o paralelismo anômalo. Mas ele próprio se pergunta se Schrödinger concordaria com essa conexão. Segundo Bitbol, o paralelismo anômalo seria uma espécie de atitude ‘pragmático-hermenêutica’, uma vez que defende “a impossibilidade de ignorar a peculiaridade de nossa posição *no* mundo sempre que tentamos formular uma teoria *do* mundo” (BITBOL, 1996, p. 258). Para Bitbol, se Schrödinger não o disse explicitamente, pelo menos estava de posse de todas as ferramentas intelectuais para chegar a essa conclusão. O paralelismo anômalo é considerado por Bitbol a posição filosófica que se aproxima mais das ideias filosóficas de Schrödinger, em geral. Não vamos fazer aqui uma defesa dessa última afirmação; para nossos propósitos, basta perceber que é defensável, conforme argumenta Bitbol, que a posição de Schrödinger se afasta dos dualismos sujeito/objeto e fatos/teorias. A aproximação com o paralelismo anômalo, no entanto, será útil para

algumas considerações sobre objetividade científica em Schrödinger, que faremos na seção seguinte.

Antes, no entanto, vamos abrir um parêntese para mencionar outras posições, encontradas na Filosofia, contrárias aos dualismos. Schrödinger ([1951], p. 31) faz uma observação interessante a respeito da rejeição da distinção sujeito/objeto. Ele diz crer que mudanças como essa deveriam ser divulgadas entre o público em geral, mas que não iriam ser assimiladas assim tão rapidamente. Podemos dizer que isso se aplica aos filósofos da Ciência. Desde 1951 até aqui, houve gradual perda de resistência quanto a revisar noções tradicionais como as distinções sujeito/objeto e fatos/teorias, com algumas exceções que já discutiram o tema muito antes dos escritos tardios de Schrödinger, como John Dewey¹⁰².

Muitos filósofos já apontaram para os problemas da distinção entre fatos e teorias na Ciência. Dentre os mais influentes na discussão, especialmente no que diz respeito às Ciências Naturais, estão Hanson e Kuhn. Em *The Structure of scientific revolutions*, Kuhn afirma que

“essa distinção entre descoberta e invenção ou entre fato e teoria será, no entanto, imediatamente revelada como sendo excessivamente artificial. (...) A assimilação de um novo tipo de fato demanda mais do que um ajustamento aditivo da teoria e, até que tal ajustamento tenha sido completado – até que o cientista tenha aprendido a ver a natureza de um modo diferente – o novo fato não será exatamente um fato científico ainda” (KUHN, 1970, pp.114-115).

Essa afirmação de Kuhn se referia ao período de mudança de paradigma, propondo que reconhecer um fato como científico depende da teoria do novo paradigma. Para Kuhn, não há ‘fatos puros’ na Ciência; eles são sempre influenciados pela teoria que se tem como pano de fundo.

Autor lembrado pelo próprio Kuhn como uma de suas influências, Hanson, em seu artigo “Seeing and Seeing As”, enfatiza o papel da teoria nas observações científicas. Não só da teoria, mas de todo um contexto intelectual em que o cientista se encontra, enquanto sujeito cognitivo. Inspirando-se em Wittgenstein e citando *Investigações*

¹⁰² Cf. DEWEY, “Body and mind”, [1931], por exemplo.

Filosóficas, Hanson diz que não é a interpretação do que se vê que é diferente para cada pessoa, mas sim uma maneira de organizar o que se está vendo.

Para Hanson, “ver uma coisa, portanto, é *vê-la como* tal sorte de coisa, ou aquela sorte de coisa; nós não apenas *vemos* indeterminadamente ou em geral, como crianças ou lunáticos” (HANSON, [1969] 2002, p. 335, grifos do autor). Além disso, o ‘ver como’ pressupõe conhecimento. Sem o contexto e os conhecimentos anteriores que fazem com que alguém ‘veja’ uma coisa ‘como’ tal coisa, não é possível ver nada.

É interessante notar que a ideia de ‘invariantes’ de Schrödinger tem algo de semelhante com a ideia de ‘ver como’ de Hanson, no sentido de que aponta para as correções, psicologicamente feitas, em nossa percepção. Não seria a razão, para Schrödinger, que teria ‘moldes’ *a priori* de perspectiva, por exemplo. Mas através da busca dos invariantes, que são adquiridos pela experiência, conseguimos identificar um determinado objeto, mesmo a diferentes distâncias. Eis um trecho que pode aproximá-lo de Hanson: “Essa útil formação de invariantes, tendo sido aprendida em tenra idade e praticada através da vida, torna-se um hábito de tal forma inerente, que continuamente ‘vemos’ características que não vemos” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 147). Essa frase pode ser relacionada com o experimento, citado por Kuhn, das ‘cartas anômalas’, em que se inserem em um baralho cartas com o símbolo de copas pintado de preto, por exemplo, e os sujeitos do experimento o veem inicialmente como vermelho, não notando nenhuma diferença para uma carta de copas comum, até que esta lhes seja apontada¹⁰³.

4.2. Objetividade científica em Schrödinger

Nesta seção, vamos expor algumas ideias apresentadas por Schrödinger em seus escritos durante a estadia em Dublin, para as Conferências William James de 1954 (das quais acabou não participando, devido a um mal-entendido sobre as datas¹⁰⁴), “Science, Philosophy and the Senses”, [1954a], “The Technique of Measurement”, [1954b] e “The Part of the Human Mind”, [1954c],

¹⁰³ Cf. KUHN, 1970, p. 124-5.

¹⁰⁴ Cf. SCHRÖDINGER, [1954a], p. 123, nota 1.

abordam insistentemente questões relativas à participação do sujeito na Ciência. Parece que esses textos contêm as concepções mais tardias de Schrödinger a esse respeito. Antes, porém, de apresentá-las, com o intuito de acompanhar de que forma evoluiu seu pensamento, falaremos sobre um texto de 1932 em que Schrödinger já aborda esses temas. Trata-se de “Is Science a fashion of the times?”, [1932b].

4.2.1. Concepções iniciais

Schrödinger descreve no texto que citamos acima uma visão bastante estereotipada, dominante a respeito das atividades humanas quanto à sua relação com a subjetividade. Segundo essa visão, a Arte seria considerada totalmente subjetiva, enquanto que as Ciências Humanas teriam boa dose de subjetividade, e nem tanta objetividade. Ambas estariam, portanto, sujeitas a mudanças relativas às culturas e às épocas. Dentro desse tipo de visão, nas Ciências chamadas ‘exatas’ a subjetividade é afastada, considerando-se que o aspecto humano como um todo, não só individual de um sujeito, deve ser rejeitado.

Schrödinger descreve uma noção semelhante à que chamamos de ‘tradicional’, para a objetividade, nas Ciências Exatas:

“A intromissão subjetiva do pesquisador é rigorosamente barrada de toda pesquisa física para que a verdade puramente objetiva sobre a natureza inanimada possa ser alcançada. Uma vez que essa verdade é finalmente fixada ela pode ser submetida a teste por meio de experimentos, por qualquer um e todos por todo o mundo, e sempre com o mesmo resultado” (SCHRÖDINGER, [1932b], p. 68).

Essa visão contém o afastamento da subjetividade e a adequação ao objeto, representada pelo teste por meio de experimentos. Também pressupõe a distinção sujeito/objeto, quando opõe a “intromissão subjetiva” à “verdade puramente objetiva sobre a natureza inanimada”. Além disso, há a garantia da objetividade, pois em Física os experimentos sempre produziriam os mesmos resultados, seja qual for o sujeito que os leve a cabo.

Portanto, a Ciência dependeria dos experimentos para obter seus dados de forma legítima. Mas Schrödinger alerta que os experimentos

realmente feitos são poucos se comparados com a infinidade de experimentos que poderiam ser escolhidos. É então que Schrödinger nos mostra que, mesmo dentro de uma visão tradicional como a apresentada acima, a pretensão de afastar a subjetividade pode não funcionar. Ele diz que a escolha desses experimentos não é feita somente com base em razões científicas. Não se pode dizer, portanto, que a Ciência Física é independente do meio cultural e social em que é feita.

Schrödinger diz que as razões que restringem os experimentos são principalmente práticas, mais especificamente financeiras, e de interesse pessoal do cientista. Por mais fecundos e importantes que possam ser certos experimentos, eles algumas vezes não serão escolhidos pelos cientistas, em virtude desses motivos. Schrödinger defende então que não se pode afastar a subjetividade da Ciência Física:

“Tudo isso conduz à inevitável conclusão de que não podemos fechar as portas à entrada de fatores subjetivos em determinar nossa política científica e em dar uma direção definida para nossa linha de avanço posterior” (SCHRÖDINGER, [1932b], p. 71).

Ele também não deixa de considerar a História: os dados que se têm à mão para um experimento e as ferramentas que a Ciência tem em determinado momento dependem do trabalho de todos os cientistas que armazenaram esses dados até então. Segundo ele, se voltássemos atrás, chegaríamos até a influência do homem tentando estabelecer o raciocínio lógico, e tudo o que se passou desde então não deve ser desconsiderado.

Vamos comentar mais a respeito das concepções de Schrödinger sobre objetividade quando fizermos a comparação direta de suas ideias, inclusive em outros textos, com os sentidos de Megill. Somente para adiantar dois pontos que já aparecem no texto que analisamos nesta seção: o primeiro, o uso do termo ‘objetividade’ (cf. SCHRÖDINGER, [1932b], p. 78), no sentido que hoje conhecemos, apesar de uma discussão sobre objetividade nesse sentido ainda não ter aparecido na Filosofia da Ciência, conforme salientamos na Introdução deste trabalho. O segundo ponto diz respeito à discordância, por parte de Schrödinger, para com a afirmação de que uma espécie de acordo intersubjetivo possa garantir a objetividade na Ciência. Ele afirma que cientistas de um mesmo ramo do conhecimento e de uma mesma época partilham opiniões, leem os mesmos periódicos, fazem parte de um

mesmo grupo; logo, são levados por interesses – de desenvolvimento de seu campo de estudo, por exemplo – a defender certas teorias. Por isso o acordo intersubjetivo não seria uma boa maneira de estabelecer a objetividade caso ela seja entendida tradicionalmente. Schrödinger ([1932b], p. 79) chega a comparar a Ciência com o esporte, dizendo que os atletas envolvidos em certa modalidade podem estabelecer quais são os recordes, as maneiras de se praticar as modalidades, dentro de seu grupo, porque só eles têm afinidade com essa atividade; dando a entender que outras pessoas, que não praticam esses esportes, não fazem a menor ideia de como são praticados, mas consideram legítima apremiação de um atleta com uma medalha, por exemplo. Como ambas, esportes e Ciência, são atividades humanas, ambas estão sujeitas aos interesses humanos. O cientista não pode se desvincular da sua humanidade e cultura ao fazer Ciência.

Esse texto de Schrödinger é de caráter bem geral, não tratando dos problemas mais específicos da Ciência, como medição, nem de problemas epistemológicos mais profundos. Esses temas aparecerão nos textos mais tardios, que consideraremos na próxima seção. Apesar da distância temporal e da abordagem um pouco diferente, pode-se dizer que há continuidade entre as ideias de ambos os períodos, sendo possível conciliá-las.

4.2.2. Concepções tardias

Na primeira conferência, “Science, Philosophy and the Sensates”, Schrödinger se ocupa de comparar a Filosofia e a Ciência. Entre outras reflexões, Schrödinger ([1954a], p. 124) conclui que valores, ética e estética são temas com que lida a Filosofia, mas não a Ciência. Não que não seja de sua natureza, mas uma simplificação convencional foi adotada e a Ciência ainda não é capaz de abandoná-la.

Os valores éticos e estéticos não só são descartados na Ciência, conforme Schrödinger ([1954a], pp.125-127), como também ela cairia por terra se eles fossem admitidos. Para ele, acaba sendo um traço fundamental da Ciência, assim desenvolvida, excluir do seu campo o que em geral a mente humana considera de suma importância. A visão de mundo que a Ciência oferece seria um esqueleto; não só valores estão faltando, mas as sensações também. A descrição objetiva de processos nervosos, por exemplo, não contém os termos ‘cor amarela’ ou ‘sabor

doce’, assim como a descrição de uma onda eletromagnética não os contém.

A Ciência, portanto, teria acabado tentando tratar tudo, inclusive as informações que envolvem o próprio ser humano, da maneira objetiva que trata os objetos da realidade. Isso decorre da projeção, que já mencionamos, do ‘eu’ na realidade objetiva, que seria um tipo de dualismo conforme a descrição de Bitbol que apresentamos na seção 4.1. Mas esse tipo de objetividade, que exige o afastamento da subjetividade, teria sucesso? É sobre isso que Schrödinger reflete nas duas conferências seguintes.

“The Technique of Measurement”, a segunda conferência deste conjunto, versa sobre a medição na Ciência. Já mencionamos que, para Schrödinger ([1954b], pp. 131-2), a Ciência empreenderia a eliminação das sensações de seu esquema de pensamento, na busca de conhecimento completo. E no lugar das sensações são colocados aparelhos; um espectroscópio é requerido para completar nosso conhecimento da luz, por exemplo, pois nossas sensações seriam imprecisas demais para proporcionar esse conhecimento.

Costumava-se dizer que, em Física, “à medida que a técnica de medir é refinada, o observador é gradualmente substituído por aparatos mais elaborados”; mas Schrödinger não concorda que isso seja verdadeiro, ao menos na fase que se vivia da prática científica: “Agora isso não é, certamente nesse caso, verdadeiro; ele não é *gradualmente* substituído, mas do início” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 133). No estágio de desenvolvimento em que a Ciência se encontrava, o aparelho deveria ser introduzido antes de qualquer conhecimento qualitativo ser obtido; epistemologicamente, não importa o quanto o aparelho é gradualmente refinado, pois a influência das percepções sensoriais do sujeito na Ciência já é barrada de início.

Só que a Ciência não consegue ter sucesso nesse afastamento da subjetividade, segundo Schrödinger, nem mesmo ao fazer essa substituição dos sentidos pelos instrumentos: “o observador nunca é totalmente substituído por instrumentos” (Ibid.). O homem os constrói e os regula. Além disso, é um homem que faz leituras nesse instrumento, embora estas possam ter sido obtidas por microscópios e chapas fotográficas. Por mais que a gravação de dados seja a mais cuidadosa possível, se não inspecionada, não diz nada. De nada servem os dados obtidos por uma máquina se um ser humano não tiver contato com eles.

Schrödinger ([1954b], p. 134) diz que há quem defenda que isso não seria problema, pois a Ciência teria como objetivo descobrir uma estrutura de formas e movimentos, na natureza, de que as sensações não fariam parte. E o conseguiria trocando nossos sentidos por aparelhos. As sensações não estariam nesta realidade objetiva a ser descoberta pela Ciência, mas seriam resultado de interação de certos organismos com essa realidade. Já sabemos o quanto Schrödinger considera isso problemático, filosoficamente. Mas também sabemos que ele enfatiza, sempre, que é muito difícil mudar essa forma de trabalhar da Ciência, arraigada há séculos. Talvez por isso, Schrödinger legitima a busca da objetividade na Ciência, em uma atitude que se aproxima da que chamamos ‘naturalista’ na Introdução deste trabalho.

Ele passa então a descrever o que poderia ser considerado um ‘resultado objetivo’ na Ciência, dando o exemplo da medição do comprimento de onda da luz, que para ele tem muito em comum com a maioria das medições em Física. Não se pode desprezar a presença e interferência do observador, pois ele deve fazer a leitura, mas o dispositivo deve ser escolhido e configurado de modo que o resultado seja independente de quem quer que observe esse experimento. A interferência do observador se restringe a fatos geométricos (que se resume a fazer comparação com padrões, a partir de um método pré-estabelecido) e almeja ser independente da individualidade do observador. Segundo Schrödinger ([1954b], p. 137), somente um resultado obtido a partir de um procedimento como esse pode ser considerado objetivo, em certo sentido.

Pode-se dizer que Schrödinger acrescenta a expressão “em certo sentido” porque defende que não há como a Ciência livrar-se da influência dos sentidos, mesmo com a substituição por aparelhos. Por exemplo, ele cita o uso da audição em certas medições. Tanto no caso de registros feitos por audição quanto pela visão, apareceria o que Schrödinger ([1954b], p. 139) chama de ‘equação pessoal do observador’, que consistiria no atraso entre ‘o que ocorre’ e o instante de ‘registro na mente’. Esse ‘atraso’ varia de observador para observador e essa variação deve ser levada em conta, para ele. Dessa forma, é difícil alcançar, como pretendia a Ciência, ‘o que de fato ocorre’, isto é, a realidade objetiva pura, destituída das sensações do sujeito.

É possível pensar, como réplica, que o desenvolvimento de equipamentos que eliminem o atraso de tempo, que façam automaticamente as medições, tornaria acessível essa realidade objetiva

pura. Mas Schrödinger ([1954b], p. 140) diz não acreditar nessa possibilidade, não para todos os casos e, ao menos na prática da época, as medidas de tempo, principalmente, ainda exigiam uma participação mais complexa do observador.

É na terceira e última conferência, “The Part of the Human Mind”, que Schrödinger toca nos problemas epistemológicos mais profundos envolvidos nessa concepção de objetividade que os resultados dos experimentos científicos poderiam ter. A afirmação de que a participação da mente humana nos experimentos reduz-se a ‘leitura de ponteiros’, como ele chama o registro da informação pelo observador, não se sustenta epistemologicamente, para Schrödinger ([1954b], p. 141). A medição não começaria no laboratório em que é realizada; ela tem toda uma história anterior, que envolve a fabricação do aparelho e os experimentos anteriores que ajudaram a dar a forma atual; o experimento é em parte baseado em, e formado por, essa história.

Schrödinger parece sugerir que toda essa história fica como que acumulada nos instrumentos. Ele cria uma metáfora para explicar isso: “claramente tudo isso é apenas o balbucio das primeiras letras de um longo, longo alfabeto, nossos instrumentos sendo, por assim dizer, palavras e longas sentenças compostas das letras desse alfabeto” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 142). Essa frase quase poética leva a crer que Schrödinger acreditava que, à época em que escrevia, estaria ainda numa fase muito rudimentar da Ciência, diante do que a humanidade ainda poderia realizar. Ele compara o desenvolvimento das máquinas à evolução dos organismos vivos. Mas destaca que não se trata meramente de evolução de ideias: “a descendência das máquinas umas das outras é uma linhagem física real, exatamente como com organismos vivos” (SCHRÖDINGER, [1954b], p. 143).

Era comum a defesa de que esses experimentos quantitativos trariam informação objetiva sobre o mundo real ao nosso redor, mas para Schrödinger a participação humana na História e na evolução dos instrumentos não deveria ser desconsiderada.

Parece que Schrödinger, apesar de todos esses alertas sobre a presença da subjetividade na definição da objetividade científica, ainda a considera possível epistemologicamente. Mas está claro que sua concepção de objetividade científica não pretende afastar a subjetividade; pelo contrário, traz a subjetividade para o âmago dessa noção, em uma solução muito interessante e que está de acordo com o seu projeto epistemológico. Pode-se, para ele, manter o ideal de que os

resultados sejam independentes, de certa forma, do observador individual e de que haja participação do observador apenas na manipulação de dados geométricos. Longe de procurar eliminar a subjetividade como ‘intromissão subjetiva’, para Schrödinger ela é fundamental, pois é a busca por ‘invariância’ que garante fundamentalmente a objetividade. Essa busca por invariância é continuação daquele comportamento que vem desde a tenra infância, a ‘formação de invariantes’, processo sobre o qual já falamos na seção 3.2, proposto por Schrödinger para explicar a unicidade do mundo. É isso que garante que todos os sujeitos que repetirem o experimento concordem com seu resultado, sob as mesmas condições, relativamente aos fatos geométricos envolvidos na ‘leitura de ponteiros’. A própria busca da objetividade na Ciência, pode-se dizer, seria resultado desse comportamento humano.

A busca por invariância na Ciência é a continuação, em um nível mais sofisticado, do comportamento que nos acompanha desde a tenra infância e que nos faz formar os objetos do cotidiano. Schrödinger não é explícito a esse respeito, mas pode-se dizer que é a invariância que torna possível a busca da objetividade na Ciência Física, da forma como tem sido buscada: procurando fazer com que os resultados sejam independentes do observador, ou do agente, da medição. Mesmo assim, mesmo que a objetividade seja assegurada dessa forma, não podemos nos esquecer da presença da subjetividade na Ciência, pelos motivos já citados. Além disso, para Schrödinger é, em última instância, um comportamento humano que garante a objetividade.

É possível ver que há total harmonia entre as ideias apresentadas por Schrödinger em seus primeiros escritos de caráter filosófico sobre objetividade e os textos feitos para as Conferências William James. Nota-se, é claro, nos últimos textos uma maior maturidade filosófica e mesmo científica, enquanto que nos primeiros é possível notar um pouco mais de ousadia ao falar de questões que envolvem aspectos sociais e mesmo econômicos da Ciência. Considerando todas essas reflexões de Schrödinger, temos um quadro bastante interessante de suas concepções sobre objetividade científica. Vamos, na próxima seção, aproximar esse quadro das discussões mais atuais, de Megill, sobre o tema, atentando para as preocupações que parecem semelhantes – e as que se afastam – nas abordagens desses autores.

Antes, porém, vamos acrescentar algumas linhas comentando trechos em que Schrödinger, nesses mesmos textos que tratamos nesta

seção, e também em outros, fala sobre dois temas intimamente ligados ao da objetividade científica: a ‘coisa em si’ e a ‘verdade’. Será importante atentar também para esses comentários tendo em vista compreender melhor as ideias de Schrödinger sobre objetividade na Ciência.

4.2.3. Sobre a ‘coisa em si’ e a verdade

“Se eliminarmos o impossível, o que quer que reste, ainda que improvável, deve ser a verdade.”

Spock (jovem),
Star Trek (2009).

“Segundo uma velha máxima minha, depois que se exclui o impossível, o que sobra, por mais improvável que seja, deve ser a verdade.”

Sherlock Holmes,
em ‘O Diadema de Berilos’,
Arthur Conan Doyle.

Os trechos em que Schrödinger se refere à ‘coisa-em-si’ e à ‘verdade’ contêm informações valiosas sobre sua opinião a respeito da objetividade, em especial com respeito à participação da subjetividade. Vamos analisá-los brevemente.

Schrödinger ([1954b], p. 144-145) explica porque, apesar de parecer vazia para ele, essa ideia da ‘coisa em si’ continuaria sendo dominante na Filosofia. A visão de que há uma realidade ‘por trás’ do mundo ao nosso redor já estaria tão arraigada na tradição filosófica, e ao mesmo tempo seria tão confortável, que nos esqueceríamos de sua artificialidade, segundo Schrödinger. A ideia de não podermos conhecer a realidade ‘em si’ através da Ciência faz com que se postule a realidade que consideramos objetiva como um esquema geométrico destituído de tudo o que é dado pela experiência. Isso por causa da retirada do ‘eu’ dessa realidade, da necessidade de vê-la de um ponto de vista externo. Destituiríamos então essa realidade de nossas sensações, mas no momento em que precisamos encontrar um lugar para elas (afinal precisa-se de uma explicação sobre a sua origem) colocamo-las em nossa mente.

Schrödinger apontava para um problema considerável, que vinha sendo negligenciado, segundo ele, na maneira de conceber o mundo

implicada ao mesmo tempo pelo princípio da objetivação e pela ideia de ‘coisa em si’. A própria realidade objetiva estaria também em nossa mente, já que ela é de certa forma construída por nós. Por exemplo, o fato de vermos uma borboleta amarela é atribuído à nossa mente, e não à própria realidade, dentro dessa visão. A realidade objetiva a ser descoberta pela Ciência não envolveria, entre outras, a sensação de ‘amarelo’, mas sim uma descrição científica, como aquela sobre comprimentos de onda de luz representando as cores. Mas, para Schrödinger, essa descrição também é um produto da mente; no entanto, se pretendia que as descobertas da Ciência fossem sobre fatos que indubitavelmente estão lá para ser pesquisados, sendo exteriores ao sujeito. Mas se isso não é possível, se, usando a ideia de ‘coisa em si’, só temos acesso aos fenômenos da forma como nosso intelecto os capta, não faria sentido que a Ciência negligenciasse as sensações relegando-as ao *status* de ‘puramente subjetivas’, pois os fenômenos também seriam subjetivos dentro desse raciocínio.

Mais uma vez, é notável o quanto Schrödinger rejeitava, filosoficamente, o afastamento da subjetividade no estabelecimento de um conceito de objetividade científica. Ele também rejeitava, concomitantemente, a noção de verdade correspondentista atrelada a esse tipo de noção. Conforme dissemos na seção 1.2, essas parecem ser as duas características principais de uma noção tradicional de objetividade científica; portanto, Schrödinger também a rejeitaria. Vamos falar um pouco mais sobre essa discussão de Schrödinger sobre a verdade na Ciência.

A questão da verdade de teorias científicas está intimamente ligada à questão da objetividade. A concepção tradicional de objetividade, por exemplo, está atrelada a uma concepção específica de verdade. Para Schrödinger ([1954b], p. 144), dentro dessa visão da Ciência implicada pelo princípio da objetivação, a verdade ou falsidade das descobertas científicas estaria sujeita à concordância que exibem, ou não, para com os fatos. Mas ele não partilhava desse conceito de verdade.

Em *Science et humanisme*, Schrödinger trata brevemente a questão da verdade, dizendo que os modelos e as teorias não podem ser ditos ‘verdadeiros’, mas somente ‘adequados’. Não é possível compará-los com fatos para que sejam considerados verdadeiros. Os únicos fatos que se tem são dados observados nos experimentos (como linhas espectrais de átomos de ferro do experimento que ele descreve nas pp.

42-43) e não se pode afirmar que eles sejam evidência da existência dos objetos que a Ciência propõe. Talvez não possamos ter mais que representações adequadas, “capazes de sintetizar de modo inteligível os fatos observados e de dar uma estimativa razoável quanto aos fatos novos que nos propomos a reunir” (SCHRÖDINGER, [1951], p. 44).

Schrödinger referia-se, no trecho citado acima, à verdade no sentido correspondentista; teorias alternativas da verdade poderiam não ter esse problema. Segundo Da Costa, “sem dúvida, a meta da Ciência é encontrar a verdade. No entanto, há várias concepções da verdade” (DA COSTA, 1999, p. 117). Ainda segundo Da Costa, não é sustentável que a Ciência busque a verdade no sentido correspondentista. Para ele

“construções teóricas, por exemplo, no domínio da Física, encerram noções como ondas de probabilidade, quark e espaço de fase, que [...] assemelham-se mais a categorias criadas por nós para subjugar o contorno” (DA COSTA, 1999, p. 118).

É interessante notar a conexão dessa discussão com a do realismo científico. Pode-se dizer que o realismo científico inclui a ideia de que as teorias científicas podem ser verdadeiras ou falsas (cf. FRENCH, 2009, p. 105). O que gera um problema chamado de ‘Meta Indução Pessimista’ (abreviado pela sigla MIP). Isto é, olhando para a História da Ciência, é possível observar que uma série de teorias hoje consideradas falsas, já foram consideradas verdadeiras. Logo, teríamos motivos para acreditar que algumas das teorias que temos hoje, e que cremos serem verdadeiras, também serão consideradas falsas no futuro (Ibid.) Essa é uma das principais críticas ao realismo científico, e pode-se dizer que Schrödinger compartilhava dela. Ele afirma: “Não temos nenhum direito hoje de dizer que a teoria corpuscular de Newton era a errada, embora fosse o costume por um bom tempo se declarar isso” (SCHRÖDINGER, [1932b], p. 74).

No entanto, Bitbol, por exemplo, não classifica a posição de Schrödinger com relação às teorias científicas como antirrealista, mas sim como uma espécie de realismo metodológico, conforme já vimos. Mas essa posição dele sobre a verdade o livra do problema da MIP. Conforme vimos, para ele as teorias científicas não poderiam ser consideradas verdadeiras, mas somente, de certa forma, ‘adequadas’. Parece que o ponto que causa o problema seria então a concepção de

verdade e não algum tipo de realismo que se possa assumir com relação à Ciência. Deixaremos para outra oportunidade tentar conciliar essas ideias de Schrödinger com alguma concepção alternativa de verdade. Vamos agora voltar ao ponto principal deste trabalho: a objetividade científica.

4.2.4. Objetividade em Schrödinger e os sentidos de Megill

A veemente defesa que foi possível constatar em seus textos não deixa dúvida: Schrödinger era um defensor da inserção da subjetividade no estabelecimento da objetividade. Mas ele defende essas ideias desde um ponto de vista filosófico; descreve que o conceito corrente, mesmo entre os cientistas, não é esse.

O conceito de objetividade que Schrödinger parece encontrar na Ciência e na Filosofia da Ciência tradicional assemelha-se ao sentido absoluto de Megill. Megill diz que o sentido epistemológico ‘absoluto’ de objetividade, é decorrente de um sentido ontológico, admitindo ser possível haver uma verdade, e uma realidade, independentes da influência do sujeito. Incorporado à Ciência, resulta que esta teria como meta descrever a realidade. O sentido epistemológico mais difundido, segundo Megill, no século XX, é o que diz respeito à justificação das afirmações feitas sobre a realidade, ou mesmo sobre uma realidade fenomênica. Essa variante epistemológica é especialmente rejeitada por Schrödinger, já que as afirmações da Ciência não podem se referem a essa realidade fenomênica; a Ciência para ele não poderia descrever a realidade, com ou sem o apelo ao dualismo fenômeno/‘coisa em si’. A Ciência só poderia descrever os objetos que ela mesma constrói. Com a realidade dos objetos cotidianos, só seria possível uma conexão via ‘interpretação’. Além disso, concluímos na seção 1.1. que esse sentido absoluto de objetividade carrega dois pressupostos: realismo científico e verdade correspondencial, os quais vimos, ao longo do texto, que Schrödinger rejeita.

Quanto ao sentido disciplinar de Megill, em que cada grupo relativo a uma disciplina científica decide sobre a objetividade de suas teorias e práticas com base em acordo intersubjetivo, a crítica de Schrödinger aparece claramente na seção 4.2.1. A comparação de Schrödinger com os esportes parece vir ao encontro da preocupação expressa por Megill quanto às arbitrariedades que pode haver deixando a objetividade a cargo de cada grupo. Para Schrödinger, acordo

intersubjetivo não é garantia de objetividade, já que este permite que a Ciência fique sujeita aos interesses pessoais dos cientistas.

O fato é que, para Schrödinger, caso se pretenda que ‘objetividade’ seja um sinônimo de rejeitar a subjetividade, ela nunca será possível na Ciência. Conforme vimos, a subjetividade está presente, para ele, desde a construção dos instrumentos, passando pelo seu manuseio e leitura, até a influência de interesses pessoais e do meio social e cultural em que o cientista vive. A subjetividade está presente desde a construção do objeto da Ciência, pode-se dizer, pois não há, para Schrödinger, objeto independentemente do sujeito.

Essa descrição leva a crer que a concepção de objetividade científica extraída das ideias de Schrödinger deve aproximar-se do sentido ‘dialético’ de Megill. Nele, o objeto é justamente construído em interação com o sujeito, sendo a subjetividade considerada como fundamental para que haja objetividade. Seria correto dizer isso, mas não podemos nos esquecer das reflexões de Schrödinger que expusemos na seção 4.2.2., que apontam para um sentido um pouco diferente do ‘dialético puro’. Megill diz que, na prática, os sentidos se misturam, mas que seriam conceitualmente diferentes. Uma vez que Schrödinger procura não se afastar da descrição da prática científica em suas reflexões, acaba criando um sentido intermediário para a objetividade, mesclando elementos de dois sentidos que seriam conceitualmente distintos.

Além da inserção da subjetividade, que sugere a aproximação ao sentido dialético, há nas ideias de Schrödinger nuances que apontam para a conservação de elementos do sentido ‘procedimental’, descrito por Megill. Schrödinger defende que é possível manter o conceito, usual na Ciência (Física especialmente), de objetividade como busca da impessoalidade na elaboração e interpretação de experimentos. Semelhantemente ao sentido procedimental, em que a objetividade seria assegurada em se afastar a subjetividade relacionada a preconceitos pessoais, a ideia de Schrödinger é a de que é possível que diferentes cientistas concordem quanto a informações como a leitura de ponteiros. E essa possibilidade recebe um respaldo em sua epistemologia, na ideia de ‘busca por invariantes’.

Schrödinger explica que é em virtude da busca por invariantes que se procura e se pode conseguir objetividade na Ciência. Apesar de admitir a utilidade dos instrumentos cada vez mais precisos, ele clama a que os filósofos não se esqueçam que não é possível afastar a

subjetividade em qualquer análise que se pretenda fazer da Ciência. O julgamento humano é o que continua sendo decisivo, independentemente de quão avançadas as máquinas estejam em termos de tecnologia e de capacidade de substituir os sentidos humanos. Sugere, no entanto, cautela na difusão dessas ideias, pois a Ciência que temos encontra-se muito arraigada à concepção tradicional de objetividade. Conforme Schrödinger, para remover princípios como o da ‘objetivação’ e o da ‘exclusão’ (das sensações) da Ciência “a atitude científica teria de ser reconstruída, seria necessário criar uma nova Ciência. É necessário cuidado” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 136).

Segundo Megill (1994, p. 14), há uma possível variante do sentido procedimental que é afim ao dialético, pois implica a construção de um tipo de sujeito. O sujeito ‘epistêmico’, se poderia dizer, que é capaz de operar os instrumentos de uma forma padrão. Parece tratar-se de uma espécie de objetificação dos sujeitos. Esse aspecto é mais claro ainda nas ideias de Schrödinger. Poderíamos dizer que para ele é a busca de invariantes que resulta na construção desse sujeito. Chegamos assim a uma relação de influência bilateral entre subjetividade e objetividade em Schrödinger, o que mostra o emaranhamento que existiria entre esses conceitos para ele.

Já mencionamos, na Introdução deste trabalho, a possível aproximação entre as ideias de Schrödinger sobre objetividade científica e as de um filósofo da Ciência de atuação recente, Joseph Hanna. Não iremos desenvolver aqui uma comparação minuciosa, o que será deixado para outra ocasião, mas é oportuno notar algumas semelhanças, pois elas aparecem muito notadamente nas ideias que ressaltamos no parágrafo anterior. Essa comparação, embora superficial, permite evidenciar o quanto Schrödinger pode ter estado adiantado à discussão atual sobre objetividade científica.

Hanna (2004, p. 344) propõe que se pode pensar em dois tipos de objetividade na Ciência: ‘externa’, relativa aos instrumentos e aparelhos utilizados para conferir maior precisão e eficiência, e ‘interna’, que é inerente à investigação científica, em que os julgamentos humanos são decisivos. Apesar da maior importância da objetividade interna, pois para Hanna sem os julgamentos humanos os dados obtidos por máquinas ou procedimentos mecânicos não têm valor algum, a objetividade externa também é importante para a Ciência. É em virtude do aperfeiçoamento das máquinas e dos procedimentos que é possível elevar o nível das discussões na Ciência (cf. HANNA, 2004, p. 341), isto

é, este permite que o cientista deixe de se preocupar com questões que podem ser resolvidas por máquinas ou por procedimentos repetitivos, para poder se embrenhar em novas pesquisas ou aprofundar outras.

A mesma mescla de elementos do sentido procedimental e dialético, que aparece nas ideias de Schrödinger, aparece também nesse texto de Hanna. Schrödinger afirma:

“Em lugar de permitir que a engenhosa maquinaria que inventamos produza uma quantidade crescente de luxo supérfluo, precisamos planejar seu desenvolvimento no sentido de aliviar os seres humanos de todo manuseio não-inteligente, mecânico e ‘maquinal’” (SCHRÖDINGER, [1956], p. 129).

Outra semelhança pode ser encontrada na afirmação de Hanna de que mesmo os fatos que ele chama de exógenos (relativos à objetividade externa) são fruto de aperfeiçoamento de julgamentos humanos; por isso, nunca é possível afastar totalmente a subjetividade. Os fatos na Ciência seriam de certa maneira construídos (cf. HANNA, 2004, p. 342-3); assim como para Schrödinger, a subjetividade estaria presente desde a ‘construção’ do objeto da Ciência. Semelhantemente a Hanna, para Schrödinger os dados também não são nada se não forem observados e interpretados pelo homem; não haveria fatos puros, independentes de teorias e de sujeitos.

CONCLUSÕES

“Sábios em vão tentarão decifrar o eco de antigas palavras, fragmentos de cartas, poemas, mentiras, retratos, vestígios de estranha civilização.”

Chico Buarque,
Futuros Amantes.

Bitbol tinha razão: Schrödinger não pode ser considerado um conservador. Nem em relação à sua atividade como cientista, tampouco como filósofo. Prova disso foram muitas opiniões suas, por vezes mal interpretadas, que foram compartilhadas anos mais tarde com filósofos de índole renovadora na Filosofia da Ciência. Os exemplos foram citados ao longo do texto: Kuhn, Hanson, Wittgenstein, Hanna, além de Dewey, que apesar de anterior a esses outros nomes e de não ter a Filosofia da Ciência como mote central, também partilhava de ideias filosóficas revolucionárias.

Nada mais justo do que procurar em um autor como Schrödinger uma noção de objetividade científica diferente da tradicional, portanto. Ainda mais pensando na sua intimidade com os problemas que motivaram a realização deste trabalho, a saber, os mistérios e controvérsias em torno da Física Quântica. Mas não é somente o caráter ousado das concepções de Schrödinger que o torna um autor interessante para ser inserido na discussão mais atual sobre objetividade na Filosofia da Ciência. Também não é sua carreira como físico que nos faz preferir suas opiniões.

Schrödinger possui em sua filosofia uma qualidade que nos interessa, pelos motivos já apontados na Introdução desta dissertação: preocupação em não afastar-se do humano. Do humano como um todo, com todas as suas angústias, sonhos, problemas, interesses, prazeres, experiências. Quando Schrödinger declara que ao analisar a Ciência, também estaria fazendo Ciência, não é de uma Ciência fria e destituída da subjetividade humana que ele deseja falar. É por isso que sua Filosofia da Ciência se volta para a prática científica e ele procura que ela não seja normativa; porque precisa fazer isso, ao analisá-la, para não tirar os olhos do ser humano que faz Ciência. É por isso também que ele faz questão de promover uma aproximação da maneira de conceber os objetos cotidianos e os da Ciência; enfim, o mesmo homem que elabora

seus conceitos de ‘pão’, ‘pedra’ e ‘mãe’, em sua tenra infância, o fará mais tarde com partículas, elétrons e funções de onda.

O esboço a que chegamos da concepção de objetividade científica schrödingeriana é condizente com esse aspecto ‘humanista’. Não há como afastar a subjetividade, pois não há como o homem fazer algo que não carregue sua marca de ser humano. Tal marca está em um aparelho usado no laboratório, no procedimento prescrito para se fazer um experimento, na leitura de um ponteiro ou na audição de um clic. Está nas decisões a respeito de financiamentos de pesquisa, na escolha de qual pesquisa empreender e na própria escolha de se tornar um cientista.

Schrödinger vai além, no entanto, e mostra que o caráter humano não está somente aí. Está também no próprio fato de se buscar objetividade na Ciência. Procurar objetividade é humano, porque decorre de uma característica humana quase instintiva: a busca de invariantes. O mesmo comportamento que nos faz construir os objetos ao nosso redor da mesma forma, para que possamos, em nossa convivência compartilhá-los, além de nossos próprios corpos, faz com que os cientistas busquem objetividade ao fazer Ciência. E segundo Schrödinger, só há um sentido em que é possível falar em objetividade: fazer experimentos que possam ser repetidos por todos e deem os mesmos resultados. Não que isso aconteça sempre na Ciência, mas segundo Schrödinger, é o que se busca. Ele consegue extrair um conceito humano de objetividade de uma Ciência que pretende se desfazer de todo aspecto humano; uma Ciência regida pelo princípio da objetivação e da exclusão das sensações e que pretende substituir cada vez mais o homem pela máquina.

Esse é o sentido que Schrödinger encontra na prática científica para a objetividade. Mas declara que é inútil pensar que esse sentido levaria à exclusão do que é subjetivo da Ciência. Ela é uma atividade humana; a Física, de que ele fala mais especificamente, é uma atividade humana. E da maneira colocada por Schrödinger, arriscaríamos dizer que para ele a Física e todas as outras Ciências são ‘Humanas’, pois contêm o elemento subjetivo humano desde o âmago, na construção do seu objeto. Considerar a relação do homem com seu objeto de estudo é ponto importante nas Ciências Humanas, conforme já notamos citando o antropólogo Fabian na seção 1.2. E por mais que haja interferência e alterações de resultados nos experimentos ou nos textos escritos pelos cientistas nesse campo, devido a essa relação, pode-se defender que é possível manter a busca da objetividade. Até porque, para Schrödinger,

por exemplo, essa busca vai continuar existindo na Ciência, porque se trata de uma característica humana.

A interessante semelhança da Física com Ciências Humanas, no que tange à construção do objeto para Schrödinger, pode ser estendida ao conceito de objetividade. Como não há negação da subjetividade e dos interesses humanos, eles não impedem as Ciências Humanas de ser objetivas; ou, ao menos, de se procurar a objetividade num sentido parecido com o que Schrödinger aponta para a Física: a busca de invariantes, através dos quais será possível haver entendimento.

Desse ponto emerge outro interessante: a tensão entre subjetividade e objetividade nas Ciências. É interessante notar que parece haver uma tendência cada vez maior de se flexibilizar essa relação; nas Ciências Humanas, inserindo-se a objetividade, e nas Ciências Naturais, inserindo-se a subjetividade. Essa tensão estaria convergindo, ao longo da História da Ciência, para um ponto de equilíbrio, em que os conceitos dos dois grupos de Ciências se encontrariam? Tudo leva a crer que sim; ao menos essa parece ser a tendência das discussões mais atuais em Filosofia da Ciência. Putnam ([1982], p. 143) afirma que as visões extremamente realistas com relação à Física e muito subjetivistas com relação à Ética estão ligadas a uma visão da Física como a Ciência verdadeira, e de que nada na Ética poderia ser reduzido aos termos da Física. O autor dá a entender que ser menos subjetivista com relação à Ética e menos realista com relação à Física também são atitudes que se conectam, e conseqüentemente afastam o realismo científico da Física.

Uma conclusão que nos parece certa é a estreita ligação entre objetividade e subjetividade na Ciência. Não se pode considerar objetividade e subjetividade separadamente; deve-se considerar uma continuidade entre elas para que se tenha uma ideia menos distorcida da prática científica. Por isso, para defender que há objetividade na Ciência, esse conceito precisa incluir uma boa dose de subjetividade. Schrödinger via com cautela essa consideração por parte do cientista e do público em geral, mas defendia que era uma reflexão que o filósofo da Ciência precisava fazer. Ao mesmo tempo, tanto ele como nós, nesta dissertação, utilizamos uma terminologia dualista, e esse ponto precisa ser esclarecido. O uso desse linguajar, falando em ‘construção do objeto’ e ‘inserção da subjetividade’, é metodológico. E ele ocorre justamente por nosso viés naturalista, pois pretendemos refletir um pouco do que se encontra na História da prática científica. A Ciência

sempre se utilizou dessas distinções. O que Schrödinger chamou de princípio da objetivação está, portanto, na raiz do que chamamos de noção tradicional de objetividade.

Ficarão sem resposta definitiva, neste trabalho, muitos dos pontos sugeridos nesta conclusão. Um deles certamente é a controvérsia em torno das interpretações da Teoria Quântica. A noção de objetividade que extraímos dos textos de Schrödinger parece dar conta dessa problemática, no sentido de que a objetividade só está garantida quanto à concordância nos resultados dos experimentos. Nesse sentido, pode-se dizer que há concordância das diferentes interpretações, e há objetividade se tomarmos o todo da Física Quântica, incluindo as interpretações. A discordância vem da maneira de explicar esses resultados, tendo como base diferentes pressupostos, e pode-se dizer que isso faz parte do caráter humano que toda Ciência tem. Poderia ser feita uma comparação com as Ciências Humanas, em que há correntes que consideram que, mesmo se mantendo a objetividade, o pluralismo pode existir. Putnam ([1981], p. 148), por exemplo, diz que existe sim um ideal a ser atingido, mas esse próprio ideal é plural.

Tocar no assunto das interpretações da Teoria Quântica nos leva a examinar novamente alguns problemas de que falamos na seção 2.8.; são questionamentos que vão de encontro à noção que chamamos 'tradicional' de objetividade. Alguns aspectos da maneira como Schrödinger coloca o conceito de objetividade parecem mais satisfatórios, outros nem tanto, e vamos destacá-los.

O primeiro deles trata ainda das interpretações. Quando falamos nesse tema, dissemos que a proliferação de interpretações acabou incentivando o instrumentalismo entre os físicos. Schrödinger não é considerado, no entanto, um instrumentalista. Seu realismo metodológico afastou-o bastante da corrente dominante, a Interpretação Ortodoxa. Mas se prestarmos atenção às definições de instrumentalismo de que falamos na seção 2.7., veremos que de certa forma elas se harmonizam com as concepções de Schrödinger.

Seja na versão em que o instrumentalista acredita que as teorias se relacionam com a experiência apenas fazendo predições ou na outra versão em que ele nega que as teorias expliquem uma realidade subjacente aos dados experimentais, há semelhança com o pensamento de Schrödinger, na medida em que ele rejeita justamente a tentativa de fazer as teorias corresponderem aos fatos observados. A diferença para com o instrumentalismo é a defesa, por parte de Schrödinger, de que os

objetos construídos pela Ciência, mesmo não sendo equivalentes aos cotidianos ou a partes deles, são reais, ou tão reais quanto os objetos cotidianos. O realismo metodológico de Schrödinger pode ser aproximado ao que John Dewey chama de ‘caráter prático da realidade’, em *Philosophy and Civilization*¹⁰⁵. É pelo fato de que esses objetos são guias para ação que eles devem ser considerados reais. Ou seja, ‘realidade’ para Schrödinger, ao que parece, não tem relação necessária com ‘matéria’, mas sim com construções formadas a partir da busca de invariantes pelo ser humano e que guiam suas práticas no mundo.

Mas esses objetos, embora com outro ‘status pragmático’, provocam o que chamaremos aqui de uma espécie de ‘inflação metafísica’ na maneira de Schrödinger conceber a realidade. Seria essa uma falha de seu projeto, já que a navalha de Ockham pede que se cortem as partes supérfluas de uma teoria filosófica? Acreditamos que não, pois considerar esses objetos como reais não é algo supérfluo para Schrödinger. Pelo contrário, isso é necessário, pois obedece não exatamente à coerência interna da epistemologia de Schrödinger, ou à necessidade premente de manter o realismo a qualquer custo. É certo que a meta de fazer os dois tipos de objetos, cotidianos e da Ciência, ficarem no mesmo nível ontológico pede essa manobra filosófica. Porém o que parece o principal motivo é mais profundo e mais nobre: não afastar-se do humano e da prática científica. Qual cientista dirá que os elétrons não existem, sendo que entra todos os dias em seu laboratório, ou passa vários dias seguidos nele trancafiado, procurando descobrir mais sobre eles, experimentar com eles, fazer cálculos, obter informações a seu respeito? Não, os objetos da Ciência não podem ser para Schrödinger uma fantasia, um simples produto mental quimérico; eles guiam o trabalho de homens e mulheres no dia-a-dia da Ciência.

O que diferencia a posição de Schrödinger do realismo metafísico é que os objetos reais, os da Ciência inclusive, não são isentos tanto da subjetividade humana, de certa forma, quanto das teorias com base nas quais são construídos. Isso condiz com o que se constata na Física Quântica, com respeito à não-distinção entre fatos e teorias, quando se observa o papel dos princípios quânticos como Incerteza, além do papel primitivo da medição. E falando em não-distinção, as sugestões da impossibilidade de considerar o objeto alheio à influência do sujeito na Física Quântica encontram oposição em Schrödinger, para quem essa distinção é artificialmente imposta. Sobre esse tema, no entanto,

¹⁰⁵ Cf. DEWEY, [1931], pp. 3-12.

Schrödinger tem ressalvas, que já comentamos na seção 3.5.7.. Mas ele não nega que as intrigantes situações que o desenvolvimento da Física Quântica trouxe à Ciência são importantes para começar a mudar a atitude intelectual do ser humano, quem sabe em direção a uma Ciência e uma Filosofia mais falibilistas.

Certamente não esgotaremos esses assuntos nestas reflexões, tampouco conseguiremos erguer aqui uma noção de objetividade que resolva definitivamente os problemas apontados. Assim como a objetividade pode ser considerada como um ideal, buscado naturalmente pelos cientistas, pode-se dizer que é também objetivo dos filósofos da Ciência compreender melhor certas características atribuídas a esse ramo do saber, dentro de uma perspectiva naturalista, mesmo sem pretender chegar a conclusões definitivas sobre elas. Mas questionar também é tarefa do filósofo: será que a Ciência precisa mesmo de uma noção de objetividade, como Schrödinger propõe? Será que a característica humana é de fato buscar invariância ou isso é só mais uma imagem distorcida que se pretende pintar dessa atividade humana e da própria humanidade?

Entre os filósofos da Ciência, há defensores, como Paul Feyerabend, e Paul Diesing¹⁰⁶, de que o conceito de objetividade não é necessário, ou não seria possível encontrá-lo, na Ciência. A partir do momento em que mostramos que é possível esboçar uma noção de objetividade sem os pressupostos da tradicional, defenderemos que deles é o ônus da prova, pois se pode devolver a pergunta: afinal por que a Ciência não precisaria de uma noção de objetividade, assim revisada? Além disso, concordamos com Schrödinger em sua opinião sobre o caráter humano da busca da objetividade. Afinal, basta olhar para a prática científica e ver que a objetividade, embora não necessariamente a tradicionalmente concebida, é necessária para o trabalho do cientista. Os cientistas consideram a sua atividade de alguma forma objetiva; no entanto, para a Filosofia, não é suficiente olhar para o que os cientistas chamam de objetividade e descrever esse conceito. É preciso investigar por que: por que esse conceito existe, por que é definido de tal forma, por que é passível ou não de mudar. Nessa investigação, Schrödinger pode ser considerado bem sucedido.

¹⁰⁶ Cf. DIESING, 1983.

‘Audaciosamente indo’ a outras reflexões

Falaremos nesta última seção de relações que pudemos fazer entre os temas trabalhados nesta dissertação e outros debates que consideramos importantes ou intrigantes em Filosofia. Um dos temas afetados pelas conclusões deste trabalho é o do progresso da Ciência. Thomas Kuhn propôs que a Ciência faria progresso ‘desde’ um ponto e não ‘para’ um ponto. Essa ideia é condizente com a defesa de Schrödinger de que a Ciência não descreve a realidade; esse não é o objetivo da humanidade com ela. O objetivo não seria chegar a descrever algo que ainda se encontra ‘coberto’ aos olhos dos cientistas. Uma pergunta que pode surgir é: como pode haver objetividade em uma Ciência que não teria, em princípio, um objetivo?

Em primeiro lugar, dizer que a Ciência progride desde um ponto não é incompatível com afirmar que ela tem um objetivo. Relembrando as reflexões de Schrödinger de que tratamos na seção 3.1., vemos que para ele a Ciência, como qualquer atividade intelectual humana, visa a tentar responder às perguntas: de onde viemos, quem somos, para onde vamos. Ao fazer essa afirmação, Schrödinger defende que em cada época e em cada ramo do saber humano se procuram respostas para essas indagações de maneiras e sob aspectos diferentes. É perfeitamente coerente que se pretenda ter objetividade nessa busca, que não é individual, mas coletiva, inerente à humanidade. É natural que o ser humano pretenda compartilhar essa busca e as tentativas de resposta, embora outras características humanas possam muitas vezes atrapalhar a pureza desse projeto. Se assim é, ao menos algo já se descobriu sobre ‘quem somos’: seres mutáveis, que aprendem e mudam constantemente a si mesmos e ao seu entorno, e seres incertos, que, no entanto, equilibram-se de uma forma peculiar em meio ao caos.

Em direção ao fim das ‘audaciosas’ reflexões empreendidas nesta seção, vamos tentar ir um pouco além com respeito ao ponto que é talvez o mais central deste trabalho: a consideração da subjetividade no estabelecimento da objetividade. Considerar a importância de decisões humanas na Ciência é fundamental. No entanto, o desenvolvimento tecnológico permite que cada vez mais decisões sejam deixadas às máquinas e a algoritmos mais exatos de teste, conforme aponta Joseph Hanna (2004). Cada vez mais o conhecimento adquirido pela humanidade fica arraigado, acumulado, de certa forma, em máquinas e programas de computador.

Alguns já atentaram para esse fato, como Heisenberg ([1952], p. 100), que afirmou, sobre a etapa em que se encontravam à época do desenvolvimento inicial da Física Quântica, que não se conseguia compreender na, nem traduzir para, linguagem comum, cotidiana, os novos problemas da Física. Pode-se defender que o cientista desenvolve um ‘saber como’, de modo que para decidir sobre esses problemas não necessita colocá-los em linguagem natural. O cientista olharia para uma equação, por exemplo, e ‘saberia como’ lidar com ela e o que ela significa, mas seria impossível tentar traduzi-la em uma linguagem verbal, que não a matemática. De certa forma, seria nesse ‘saber como’ que estaria todo o conhecimento acumulado através dos tempos.

Para citar mais uma dessas atividades humanas que buscam respostas para aquelas três insistentes perguntas, a ficção científica já levou às últimas consequências essa discussão, nos apresentando histórias em que a humanidade é dominada por máquinas ou ‘robôs’. O caso mais conhecido é o de *Matrix*, mas gostaria de comentar outro, o conto “Guerra com robôs”, de Harry Harrison¹⁰⁷. Nesse conto, os robôs, encarregados da segurança dos humanos, acabam se voltando contra eles, deixando-os sem defesa, pois detinham todo o controle de dispositivos que supostamente estariam à disposição dos humanos para contratacar.

No título desta seção parafraseamos o bordão de um clássico da ficção científica, a série *Star Trek*, em que o capitão James Tiberius Kirk dita ao seu diário de bordo a cada episódio: “Essas são as viagens da nave estelar Enterprise, em sua missão de cinco anos, para explorar novos mundos, para pesquisar novas formas de vida, novas civilizações... Audaciosamente indo aonde nenhum homem jamais esteve”. Isso continua sendo adequado para o caso dos mundos longínquos que a Enterprise visitava em velocidade de dobra espacial. Mas em se tratando de máquinas que parecem acumular conhecimento, é bom lembrar que essas histórias não são absolutamente fantásticas; a lógica paraconsistente, desenvolvida por Newton da Costa, por exemplo, é amplamente aplicada em inteligência artificial. Robôs cuja lógica subjacente é a paraconsistente conseguem, *grasso modo*, lidar com contradições, sendo capazes de tomar decisões de maneira cada vez mais semelhante aos humanos. Chegaria a Ciência a produzir robôs com

¹⁰⁷ Esse conto compõe a coletânea *Histórias de robôs* (cf. ASIMOV, [1983b]), editada por Isaac Asimov, célebre autor de ficção científica, de contos como “O homem bicentenário” (cf. ASIMOV, [1983a]), que ficou famoso a partir do filme estrelado por Robin Williams.

essa capacidade tão altamente desenvolvida quanto a nossa? Esses super-robôs, por enquanto idealizados, poderiam ser vistos como a prova materializada do acúmulo de conhecimento em forma de máquinas, não só porque seriam capazes de armazenar quase todo o conhecimento que a humanidade desenvolveu, mas porque o material de que são feitos, sua programação, seu sistema de funcionamento, tudo isso encerraria toda uma história de inúmeros sucessos e fracassos da Ciência. A grande questão é: estaria a humanidade fadada a essa dominação, ou o homem se defenderia dessa ameaça, provocando até mesmo um declínio do próprio progresso da Ciência?

Esperamos que essas reflexões sobre a Ciência, sua História e sua prática, seus sujeitos e seus objetos, e especialmente sua objetividade, contribua para ampliar os debates em Filosofia da Ciência e para a difusão de ideias mais falibilistas. Além disso, que elas possam aproximar a Filosofia da Ciência dos problemas que surgem da análise da prática científica. As ideias de Schrödinger, Megill e outros autores aqui citados parecem em algum sentido ser um caminho em direção a essas aspirações, assim como as ideias de outros autores com preocupações semelhantes. Ben-Menahem usa uma expressão para se referir às ideias de Schrödinger que pode ser adequada para exprimir o significado dessas aspirações: a busca de uma “Filosofia com uma face humana” (BEN-MENAHM 1992, p. 40).

REFERÊNCIAS

- ALBERT, D. Z. 1993. *Quantum Mechanics and Experience*. 2ª edição. Cambridge: Harvard University Press.
- ASIMOV, I. *et al* (Eds.). [1983a] 2007. *Histórias de robôs*, vol. 2. Coleção L&PM Pocket. Tradução do inglês por: PERSSON, M. Porto Alegre: L&PM Editores.
- _____. [1983b] 2007. *Histórias de robôs*, vol. 3. Coleção L&PM Pocket. Tradução do inglês por: PERSSON, M. Porto Alegre: L&PM Editores.
- ASPECT, A., GRANGIER, P. and ROGER, G. 1982. “Experimental Realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm ‘Gedankenexperiment’: A New Violation of Bell's Inequalities”. In: *Physical Review Letters*, Vol. 49, Iss. 2, pp.91-94. New York: The American Physical Society
- _____. 1982. “Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers”. In: *Physical Review Letters*, Vol. 49, Iss. 25, pp. 1804-1807. New York: The American Physical Society.
- BEN-MENAHM, Y. 1992. “Struggling with realism: Schrödinger's case”. In: BITBOL, M. and DARRIGOL, O. (eds.). *Erwin Schrödinger: Philosophy and the Birth of Quantum Mechanics*, pp. 25-40. Paris: Editions Frontières.
- BERTLMANN, R.A. & ZEILINGER, A. (eds.). 2002. *Quantum [Un]speakables. From Bell to Quantum Information*. Berlin: Springer-Verlag.
- BITBOL, M. 1992a. “Introduction”. In: *Physique Quantique et Representation du Monde*. La Flèche: Éditions du Seuil.
- _____. 1992b. “Esquisses, Forme et Totalité: Schrödinger et Le concept d'objet”. In: BITBOL, M. and DARRIGOL, O. (Eds.). *Erwin Schrödinger: Philosophy and the Birth of Quantum Mechanics*, pp. 41-80. Paris: Editions Frontières.

- _____. 1995. "Introduction". In: *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*. Woodbridge: Ox Bow Press.
- _____. 1996. *Schrödinger's Philosophy of Quantum Mechanics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- BITBOL, M. (org.) 1992. *Physique Quantique et Representation du Monde*. La Flèche: Éditions du Seuil.
- _____. (Org.). 1995. *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*. Woodbridge: Ox Bow Press.
- _____. and DARRIGOL, O. (Orgs.). 1992. *Erwin Schrödinger: Philosophy and the Birth of Quantum Mechanics*. Paris: Editions Frontières.
- BOHR, N. [1928] 2000. "O Postulado Quântico e o Recente Desenvolvimento da Teoria Atômica". In: PESSOA JR. (Org.), *Fundamentos da Física: Simpósio David Bohm*, vol. 1, pp. 135-159. Tradução do inglês por: PESSOA JR., O. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- BORN, M. 1955. "The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics" (Nobel Lecture). In: *Science*, vol. 122, nº 3172, oct., pp. 675-679. Palo Alto: Stanford University's Highwire Press.
- BROWN, H. R. 1999. "Aspects of Objectivity in Quantum Mechanics". In: BUTTERFIELD, J. and PAGONIS, C. (Orgs.). *From physics to philosophy*, pp. 45-70. New York: Cambridge University Press.
- BUNGE, M. 1969. *La Investigación Científica. Su Estrategia y su Filosofía*. Coleção Convivium. Barcelona: Editora Ariel.
- CUPANI, A. 1990. "Objetividade Científica: Noção e Questionamentos". In: *Manuscrito XIII*, nº 1, pp. 25-54. Campinas: CLE/Unicamp.
- DA COSTA, N. C. 1999. *O conhecimento científico*. 2ª edição. Discurso Editorial. São Paulo.

- DALLA CHIARA, M. *et al.* 2004. *Reasoning in Quantum Theory: Sharp and Unsharp Quantum Logics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- DEWEY, J. [1929] 2008. *The Quest for Certainty*. Carbondale: Southern Illinois University Press.
- _____. [1931] 1963. *Philosophy and civilization*. New York: Capricorn Books.
- DIESING, P. 1983. “Ideology and Objectivity”. In: COHEN, R. S. & WARTOFSKY, M. (eds.). *Epistemology, Methodology and the Social Sciences*, pp. 1-17. Dordrecht: D. Reidel.
- DUTRA, L. H. 1998. *Introdução à Teoria da Ciência*. Florianópolis: Editora da UFSC.
- _____. 1999. “Naturalismo e Normatividade da Epistemologia”. In: DUTRA, L. H. (Org.). In: *Nos Limites da Epistemologia Analítica. Rumos da Epistemologia*, vol. 1. Florianópolis: NEL – Núcleo de Epistemologia e Lógica – UFSC.
- _____. 2001. *Verdade e Investigação: o Problema da Verdade na Teoria do Conhecimento*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.
- FABIAN, J. 1994. “Ethnographic Objectivity Revisited: from Rigor to Vigor”. In: MEGILL, A. (Ed.). *Rethinking Objectivity*, pp. 81-107. Durham and London: Duke U. P.
- FEIGL, H. 1949. *Some Remarks on the Meaning of Scientific Explanation*. In: Feigl, H. & Sellars, W. (Org.). *Readings in philosophical analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- _____. 1967. *The Mental and the Physical: The Essay and a Postscript*. Minneapolis: Minnesota Archive Editions.
- _____. [1970] 2004. “A Visão Ortodoxa de Teorias: Comentários para Defesa assim como para Crítica”. In: *Scientiae Studia*, vol. 2, nº 2. Tradução do inglês por: PESSOA JR., O. São Paulo: FFLCH – USP.

- FRENCH, S. & KRAUSE, D. 2006. *Identity in Physics: a Historical, Philosophical and Formal Analysis*. New York: Oxford University Press.
- FRENCH, S. [2007] 2009. *Ciência. Conceitos Chave em Filosofia*. Porto Alegre: Artmed.
- GAROLA, C. 2000. "Objectivity versus Nonobjectivity in Quantum Mechanics". In: *Foundations of Physics*, vol. 30, n° 9, jun., pp. 1539-1565. New York: Plenum Publishing Corporation.
- _____. 2002. "A Simple Model for an Objective Interpretation of Quantum Mechanics". In: *Foundations of Physics*, vol. 32, n° 10, oct., pp. 1597-1615. New York: Plenum Publishing Corporation.
- _____. 2003. "Embedding Quantum Mechanics into an Objective Framework". In: *Foundations of Physics Letters*, vol. 16, n° 6, pp. 605-612. New York: Plenum Publishing Corporation.
- GRANGIER, P. 2002. "Contextual Objectivity: a Realistic Interpretation of Quantum Mechanics". In: *European Journal of Physics*, n° 23, pp. 331-337. Bristol: Institute of Physics Publishing.
- HANNA, J. F. 2004. "The Scope and Limits of Scientific Objectivity". In: *Philosophy of Science*, n° 71, jul., pp. 339-361. Chicago: University of Chicago Press.
- HANSON, N. R. [1969] 2002. "Seeing and Seeing As". In: BALASHOV, Y. and ROSENBERG, A. (Eds.) *Philosophy of Science: Contemporary Readings*, pp. 321-339. London: Routledge.
- HEISENBERG, W. [1958] 2007. *Physics and Philosophy: the Revolution in Modern Science*. Happer Perennial Modern Classics Edition. New York: Harper Collins Publishers.
- _____. [1952] 1979. *Philosophical Problems of Quantum Theory*. Tradução do alemão por: HAYES, F. C. Woodbridge: Ox Bow Press.

- ISHAM, C. J. 1995. *Lectures on Quantum Physics: Mathematical and Structural Foundations*. 3ª edição. London: Imperial College Press.
- JAMMER, M. 1974. *The Philosophy of Quantum Mechanics*. Wiley Interscience. San Francisco: John Wiley & Sons.
- KANT, I. [1787] 1997. *Crítica da Razão Pura*. Tradução do alemão por: SANTOS, M. P. e MORUJÃO, A. F. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian Editora.
- KRAUSE, D. *et al.* 1997. “Estruturas em Ciência”. In: *Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática*, vol. 17, nº 1-2, pp. 91-111. Curitiba: Editora UFPR.
- _____. 2002. *Introdução aos Fundamentos Axiomáticos da Ciência*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.
- KUHN, T. 1970. *The Structure of Scientific Revolutions*. In: NEURATH, O., CARNAP, R. and MORRIS, C. (Eds.). *Foundations of the Unity of Science: Toward an International Encyclopedia of Unified Science*, pp. 53-272. Chicago: University of Chicago Press.
- LANDAU, L. D. & LIFSHITZ, E. M. 1958. *Quantum Mechanics. Non Relativistic Theory*. Vol. 3 de *Course of Theoretical Physics*. Londres: Pergamon Press Ltd.
- LORENZANO, P. Y DÍEZ, J. A. 2002. “La concepción Estructuralista en el Contexto de la Filosofía de la Ciência del siglo XX”. In: *Desarrollos Actuales de la Metateoría Estructuralista: Problemas y Discusiones*, pp. 13-78. Buenos Aires: Editora Universidade Nacional de Quilmes.
- MEGILL, A. 1994. “Introduction: Four senses of objectivity”. In: MEGILL, A. (Org.). *Rethinking Objectivity*, pp. 1-19. Durham and London: Duke U. P.
- MURR, C. E. 2008. “Capítulo 1: Conjunto de Cantor”. In: KARAS, E. W. (org.). *Matemática. Fractais: Propriedades e Construção*, pp. 9-30. Cadernos Pedagógicos do Projeto Prodocência 2006/UFPR, Vol. 4. Curitiba: PPGE/UFPR e Brasília: MEC/SESU.

- NAGEL, E. 1961. *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. New York and Burlingame: Harcourt, Brace and World Inc.
- _____. [1967] 1975. “Ciência: Natureza e Objetivo”. In: Morgenbesser, S. (Org.). *Filosofia da Ciência*, pp. 13-24. Trad. do inglês por HEGENBERG, L. e MOTA, O. S. São Paulo: Editora Cultrix.
- PESSOA JR., O. 1997. *Interferometria, interpretação e intuição: uma introdução conceitual à Física Quântica*. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 19, nº 1, pp. 27-45. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física.
- _____. 2003. *Conceitos de Física Quântica*, vol. 1, 3ª edição. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- POPPER, K. [1934] 1989. *A Lógica da Pesquisa Científica*. Tradução do inglês por: HEGENBERG, L. e MOTA, O. S. São Paulo: Editora Cultrix.
- _____. 1967. “Quantum Mechanics Without the Observer”. In: BUNGE, M. (Org.). *Quantum Theory and Reality*, pp. 7-44. New York: Springer Verlag.
- PUTNAM, H. [1981] 2004. *Reason, Truth and History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____. [1990] 1992. *Realism with a Human Face*. Cambridge: Harvard University Press.
- QUINE, W. V. O. [1969] 1994. “Epistemology Naturalized”. In: KORNBLITH, H. (Org.). *Naturalizing Epistemology*, 2ª ed., pp. 15-32. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- REICHENBACH, H. [1944] 1998. *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*. Mineola: Dover Publications Inc.
- RESCHER, N. 1997. *Objectivity: The Obligations of Impersonal Reason*. Notre Dame and London: Duke U. P.

- SCHRÖDINGER, E. [1922] 1935. “What is a Law of Nature? Indeterminism in Physics”. In: *Science and the Human Temperament*, pp. 107-118. Tradução do alemão por: MURPHY, J. London: George Allen & Unwin Ltd.
- _____. [1928] 1935. “Conceptual Models in Physics and their Philosophical Value”. In: *Science and the Human Temperament*, pp. 119-138. Tradução do alemão por: JOHNSTON, W. H. London: George Allen & Unwin Ltd.
- _____. [1932a] 1935. “Indeterminism in Physics”. In: *Science and the Human Temperament*, pp. 43-65. Tradução do alemão por: JOHNSTON, W. H. London: George Allen & Unwin Ltd.
- _____. [1932b] 1935. “Is Science a Fashion of the Times?”. In: *Science and the Human Temperament*, pp. 66-85. Tradução do alemão por: MURPHY, J. London: George Allen & Unwin Ltd.
- _____. [1932c] 1935. “Physical Science and the Temper of the Age”. In: *Science and the Human Temperament*, pp. 86-106. Tradução do alemão por: MURPHY, J. London: George Allen & Unwin Ltd.
- _____. [1933] 1999. “The Fundamental Idea of Wave Mechanics” (Nobel Lecture). In: *Resonance*, vol. 4, nº 2, feb., pp. 305-316. New Delhi: Springer India.
- _____. [1935a] 1992. “La Situation Actuelle de la Mécanique Quantique”. In: BITBOL, M. (org.). *Physique Quantique et Representation du Monde*, pp. 91-185. Tradução do alemão por: BITBOL, M. et al. La Flèche: Éditions du Seuil.
- _____. 1935b. “Science, Art and Play”. In: *Science and the Human Temperament*, pp. 23-32. Tradução do alemão por: MURPHY, J. London: George Allen & Unwin Ltd.
- _____. 1935c. “The Law of Chance”. In: *Science and the Human Temperament*, pp. 33-42. Tradução do alemão por: MURPHY, J. London: George Allen & Unwin Ltd.
- _____. [1940] 1995. “From a letter to Arthur S. Eddington, march 22nd 1940”. In: BITBOL, M. (Org.). *The Interpretation of*

Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays, pp. 141-149. Woodbridge: Ox Bow Press.

- _____. [1943] 1992. “O que é Vida? O Aspecto Físico da Célula Viva”. In: *O que é Vida? O Aspecto Físico da Célula Viva* seguido de ‘Mente e Matéria’ e ‘Fragmentos Autobiográficos’, pp. 15-101. Tradução do inglês por: ASSIS, J. P. e ASSIS, V. Y. K. P. Cambridge e São Paulo: Cambridge University Press e Editora Unesp.
- _____. [1949] 1995. “Notes for 1949 Seminar”. In: BITBOL, M. (Org.). *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*, pp. 97-107. Woodbridge: Ox Bow Press.
- _____. [1951] 1992. *Science et Humanisme: la Physique de Notre Temps*. In: BITBOL, M. (org.). *Physique Quantique et Representation du Monde*, pp. 21-87. Tradução do inglês por: LADRIERE, J. La Flèche: Éditions du Seuil.
- _____. [1952] 1995. “Transformation and Interpretation in Quantum Mechanics”. In: BITBOL, M. (Org.). *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*, pp. 39-95. Woodbridge: Ox Bow Press.
- _____. [1954a] 1995. “Science, Philosophy and the Sensates”. In: BITBOL, M. (Org.). *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*, pp. 123-130. Woodbridge: Ox Bow Press.
- _____. [1954b] 1995. “The Part of the Human Mind”. In: BITBOL, M. (Org.). *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*, pp. 141-149. Woodbridge: Ox Bow Press.
- _____. [1954c] 1995. “The Technique of Measurement”. In: BITBOL, M. (Org.). *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*, pp. 131-140. Woodbridge: Ox Bow Press.

_____. [1954d]. *Nature and the Greeks*. In: ‘*Nature and the Greeks*’ and ‘*Science and Humanism*’, pp. 3-99. Cambridge: Cambridge University Press.

_____. [1956] 1992. “Mente e Matéria”. In: ‘*O que é Vida? O Aspecto Físico da Célula Viva*’ seguido de ‘*Mente e Matéria*’ e ‘*Fragments Autobiográficos*’, pp. 107-174. Tradução do inglês por: ASSIS, J. P. e ASSIS, V. Y. K. P. Cambridge e São Paulo: Cambridge University Press e Editora Unesp.

_____. [1960] 1992. “Fragments Autobiográficos”. In: ‘*O que é Vida? O Aspecto Físico da Célula Viva*’ seguido de ‘*Mente e Matéria*’ e ‘*Fragments Autobiográficos*’, pp. 177-192. Tradução do inglês por: ASSIS, J. P. e ASSIS, V. Y. K. P. Cambridge e São Paulo: Cambridge University Press e Editora Unesp.

VAN FRAASSEN, B. [1991] 2003. *Quantum Mechanics. An Empiricist View*. Oxford: Oxford Scholarship Online.

VON NEUMANN, J. [1932] 1955. *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*. Tradução do alemão por: BEYER, R. T. Princeton: Princeton University Press.

WICK, D. 1995. *The Infamous Boundary: Seven Decades of Heresy in Quantum Physics*. Copernicus. New York: Springer-Verlag.

Internet

Figura 3 – Esquema do experimento das duas fendas para Elétrons.

Disponível em:

<www.bip.wur.nl/UK/education/Quantum+Page/Real+experiments/Slit+experiment>. Acesso em: 22 de abril de 2009.