

## CONSEQUÊNCIAS METAFÍSICAS E FÍSICAS DA TEORIA QUÂNTICA: A REVISÃO DO PRINCÍPIO DA UNIDADE DAS LEIS NATURAIS E AS TEORIAS FÍSICAS PARCIAIS

[METAPHYSICAL AND PHYSICAL CONSEQUENCES OF QUANTUM THEORY: THE REVIEW OF THE PRINCIPLE OF UNITY OF NATURAL LAWS E THE PARTIAL PHYSICAL THEORIES]

Hippolyto Ricardo da Silva Ribeiro \*  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil

**RESUMO:** Investigo as consequências metafísicas da teoria e do fenômeno quântico. Delineando alguns dos principais aspectos do debate filosófico contemporâneo acerca da interpretação da teoria quântica. Analisando três importantes obras recentes: Quantum Ontology: A Guide for the Metaphysics of Quantum Mechanics (2016) de Lewis; Philosophy of Physics (2019) de Maudlin; e The Conceptual Foundations of Quantum Mechanics (2019) de Barrett. Reivindicando, a partir de The Grand Design de Hawking e Mlodinow (2010), que uma interpretação realista da teoria quântica, e de sua influência no estado atual da teoria física, sugere que o princípio metafísico da unidade das leis físicas, e a busca por uma teoria física unificada, é empiricamente injustificado. Defendendo a hipótese de leis e teorias físicas parciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teoria quântica; Fenômeno quântico; Metafísica; Princípio da Unidade; Teorias Físicas Parciais

**ABSTRACT:** I investigate the metaphysical consequences of the theory and quantum phenomenon. Outlining some of the main aspects of contemporary philosophical debate about the interpretation of quantum theory. I analyzing three important recent works: Quantum Ontology: A Guide for the Metaphysics of Quantum Mechanics (2016) de Lewis; Philosophy of Physics (2019) de Maudlin; e The Conceptual Foundations of Quantum Mechanics (2019) de Barrett. Claiming, from the The Grand Design of Hawking and Mlodinow (2010), that a realistic interpretation of quantum theory, and your influence on the current state of physical theory, suggests that the metaphysical principle of the unity of physical laws, and the search for a unified physical theory, is empirically unjustified. Defending the hypothesis of partial physical laws and theories.

**KEYWORDS:** Quantum Theory; Quantum Phenomenon; Metaphysics; Principle of Unity; Partial Physical Theories

## INTRODUÇÃO

A controvérsia entre filósofos e físicos acerca da natureza e do escopo, tanto metafísico, como físico (ou seja, de sua influência na teoria física em geral), da teoria quântica é tão antiga quanto a própria teoria. Mas, certamente, foi a partir da interpretação de Copenhagen, e especialmente da formulação do célebre *princípio da incerteza ou indeterminação* de Heisenberg em 1926, que a polêmica se intensificou. Os debates iniciais entre Bohr, Born, Heisenberg, Schöredinger e Einstein tornaram-se

\* *Doutorando em Filosofia pela Universidade Federal de Pelotas (2020-2024). Mestrado em Filosofia/Universidade Federal de Pelotas. Bolsista de Doutorado pela CAPES (2021-2024). Professor de Filosofia do Estado do Rio Grande do Sul. Email: hippolyto1@hotmail.com.*

célebres e, de certa forma, pautaram as características gerais da intensa controvérsia subsequente sobre a *interpretação* da teoria quântica. Por sua reconhecida relevância crucial para a tecnologia e para a visão contemporânea do mundo, inúmeros filósofos e físicos tem se dedicado a tarefa que se convencionou denominar de *interpretação da teoria quântica*. O próprio reconhecimento da necessidade dessa *tarefa* demonstra que a inexistência de qualquer acordo acerca da natureza filosófica e física da teoria quântica. Ainda hoje, às vésperas do centenário do polêmico *princípio* de Heisenberg, a controvérsia permanece aparentemente insolúvel.

Nossa investigação se insere nesse amplo projeto do pensamento contemporâneo de *interpretação da teoria quântica*. Nesse artigo procuramos analisar o estado atual do debate filosófico e físico acerca da teoria quântica e de suas consequências metafísicas, ontológicas e físicas. Nas primeiras seções, concentraremos nossa investigação em três importantes obras recentes que tratam das implicações filosóficas e físicas da teoria quântica, *Quantum Ontology: A Guide for the Metaphysics of Quantum Mechanics* (2016) de Lewis; *Philosophy of Physics* (2019) de Maudlin; e *The Conceptual Foundations of Quantum Mechanics* (2019) de Barrett. Analisaremos, posteriormente, algumas implicações da teoria quântica para a teoria física contemporânea, a partir da obra *The Grand Design* (2010) de Hawking e Mlodinow. E, ao final, apresentaremos nossas próprias sugestões sobre a relação entre as consequências metafísicas e físicas da teoria quântica para a concepção filosófica e científica contemporânea sobre a realidade do mundo físico.

Procuramos mostrar as características gerais da controvérsia filosófica e física sobre o tema. Maudlin, por exemplo, considera três hipóteses de interpretação da teoria quântica: (1) teoria ontológica: “representa uma característica física real de um sistema individual”; (2) teoria estatística: “representa apenas características coletivas de um conjunto de sistemas”; (3) teoria-crença: “representa apenas alguma informação da agente sobre um sistema individual”. (MAUDLIN, 2019, p. 80) As duas últimas hipóteses interpretam a teoria quântica como uma teoria epistemológica.

Lewis, por sua vez, apresenta as seguintes hipóteses: (1) A teoria quântica é uma teoria física completa, possuindo natureza ontológica, de modo que podemos desenvolver conceitos que nos permitam construir uma descrição dessa ontologia; (2) A teoria quântica é incompleta, “[...] talvez ela ofereça uma descrição parcial dos sistemas físicos e seu comportamento, e precisa ser suplementada de alguma maneira com maquinários descritivos adicionais.”; e (3) A teoria quântica não oferece uma descrição do mundo, refletindo unicamente nossa condição epistemológica precária, ela “[...] talvez descreva apenas nosso conhecimento” atual do mundo físico. E, portanto, devemos procurar desenvolver novas explicações sobre os fenômenos quânticos. (LEWIS, 2016, p. 24)

Por outro lado, Barrett reivindica que “as formulações alternativas da mecânica quântica [...] frequentemente sugerem compromissos metafísicos radicalmente diferentes, mesmo quando são formulações da mesma teoria básica.” (BARRETT, 2019, p. 220) Barrett apresenta um ótimo resumo das principais interpretações físicas da teoria quântica:

O GRW vem em versões de função de onda (GRWr), densidade de massa (GRWm), e flash (GRWf). A mecânica de onda pura pode ser reformulada em termos de um único mundo com ilusões de registros determinados, um único mundo com fatos relativos, mundos divididos, mundos incoerentes, um único mundo com uma mente para cada observador, um único mundo com muitas mentes para cada observador, muitos tópicos, muitos mapas, ou variáveis físicas ocultas. Algumas formulações da mecânica quântica são estocásticas, outras são deterministas. Algumas são puramente físicas, outras exigem que se adote uma forma forte de dualismo mente-corpo. (BARRETT, 2019, p. 220)

Barrett oferece em seu livro uma análise detalhada de cada uma dessas interpretações. O trecho reproduzido mostra claramente que cada uma das interpretações físicas mais relevantes da teoria quântica sugere uma *ontologia empírica* bastante diferente. A partir desse desacordo entre os físicos, Barrett conclui que cada uma dessas interpretações deve ser considerada como uma *teoria física diferente*, ao invés de meras interpretações diferentes da mesma teoria física básica. Lewis, por sua vez, opta por analisar apenas as duas interpretações que considera *canônicas*, a mecânica matriz, de Heisenberg e Born, e a mecânica de ondas, proposta por Schrödinger.

Em *The Grand Design*, Hawking e Mlodinow traçam um panorama do estado atual da teoria física. Sugerindo que o ideal de uma *teoria física unificada ou teoria quântica da gravidade ou teoria de tudo* tem sido crescentemente questionado pelos físicos contemporâneos. Ao invés disso, muitos físicos tem adotado a noção de *teorias físicas parciais ou teorias-M*. Procuraremos mostrar que essas considerações de Hawking e Mlodinow são, de certa forma, consequências da teoria quântica e de sua influência decisiva na física contemporânea.

## 1. THE CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF QUANTUM MECHANICS

Barrett, em *The Conceptual Foundations of Quantum Mechanics* (2019), sugere que a teoria quântica suscita, por um lado, uma reflexão epistemológica sobre os limites conhecimento humano e, por outro, um questionamento sobre o que uma teoria física deve explicar e prever. (BARRETT, 2019, p. xi) Apontando, inicialmente, uma consequência filosófica fundamental da teoria quântica. Os fenômenos quânticos parecem evidenciar “*que o mundo é tão profundamente contra-intuitivo que não se pode confiar nem mesmo nas intuições mais queridas.*” (BARRETT, 2019, p. xi) Apesar da teoria quântica ser provavelmente a teoria física mais elegante e bem-sucedida que desenvolvemos na história da ciência experimental, ela “[...] é profundamente contra-intuitiva [...]”. Barrett ressalta que “*o mundo físico não condiz bem com nosso senso-comum e intuições filosóficas*” (BARRETT, 2019, p. 1) A consequência filosófica imediata dessa constatação consistiria em que “*não existe nenhuma formulação da mecânica quântica que condiga com todas as nossas intuições clássicas*” sobre o mundo. (BARRETT, 2019, p. 1) Em vista disso, um problema filosófico que as interpretações da teoria quântica enfrentam consiste em que “[...] não é nada claro quais dessas intuições devemos abandonar. Enquanto todas as formulações da mecânica quântica são contra-intuitivas, diferentes formulações envolvem diferentes sacrifícios conceituais.” A principal consequência filosófica disso tudo consistiria em que as diversas formulações da teoria quântica implicam em “[...] conjuntos muito diferentes de compromissos metafísicos [...]” (BARRETT, 2019, p. 1) Um aspecto fundamental da posição de Barrett consiste na reivindicação de que a teoria quântica teria evidenciado a “*natureza contingente*” de todas as nossas intuições filosóficas. (BARRETT, 2019, p.1) Barrett cita a obra de Quine como exemplo do reconhecimento do aspecto contingente até mesmo de nossas intuições metafísicas. Barrett provavelmente se refere ao seminal artigo *Two Dogmas of Empiricism*. No qual Quine critica a distinção analítico/sintético, sugerindo a necessidade de uma revisão do princípio lógico do terceiro-excluído, em vista das descobertas *contingentes* da teoria quântica: “*Uma revisão até mesmo da lei lógica do terceiro-excluído tem sido proposta como um meio de simplificar a mecânica quântica, e que diferença existe, em princípio, entre essa mudança e a mudança pela qual Kepler sucedeu Ptolomeu, ou Einstein Newton, ou Darwin Aristóteles?*” (QUINE, 1953, p. 43) Putnam é outro autor que tem sugerido o mesmo. Barrett parece sugerir que Quine teria afirmado que *todas as sentenças lógicas, metafísicas ou “analíticas” seriam sintéticas*. Essa interpretação de Barrett é bastante discutível, mas não temos condições de analisar esse ponto no presente artigo. O ponto

fundamental da posição de Barrett consiste em que “[...] qualquer conclusão metafísica que extrairmos (da teoria quântica)[...]deve ser considerada completamente contingente.” (BARRETT, 2019, p. 2)

Outro aspecto fundamental da argumentação de Barrett consiste na reivindicação de que a teoria quântica seria “[...] na melhor das hipóteses, incompleta e, em uma leitura estrita, logicamente inconsistente.” (BARRETT, 2019, p. 2) Por essa razão, a teoria quântica seria uma “péssima candidata para guia confiável da verdade metafísica.” (BARRETT, 2019, p. 2) Porque “[...] existem muitas formulações alternativas mutuamente incompatíveis da mecânica quântica.” (BARRETT, 2019, p.2) E cada uma dessas formulações, “sugerem compromissos metafísicos bastante diferentes.” (BARRETT, 2019, p.2) Barrett conclui que teorias físicas em geral “[...] são contingentes e, portanto, inadequadas como fontes de verdades necessárias sobre a natureza básica do mundo.” (BARRETT, 2019, pp. 2-3) Para Barrett, a teoria quântica padrão (provavelmente se referindo à Interpretação de Copenhague) seria empiricamente incompleta, na melhor hipótese, ou logicamente inconsistente, na pior. Além de ser incompatível com a relatividade especial, “a outra pedra angular da física moderna”. (BARRETT, 2019, p.3) Por outro lado, devemos considerar ainda que existem maneiras muito diferentes de interpretar os “compromissos metafísicos associados” às diversas formulações da teoria quântica disponíveis. (BARRETT, 2019, pp. 3-4) O ponto é que a teoria quântica (em qualquer de suas formulações) desacredita nossas intuições filosóficas mais elementares e nosso senso-comum, mas “não fornece uma descrição pronta do mundo para substituir essas intuições. Ao contrário, ela oferece um número bastante diferente, e não completamente satisfatório, de opções metafísicas.” (BARRETT, 2019, p. 4)

A teoria quântica põe dúvidas sobre o “que devemos esperar de uma teoria física satisfatória”. Numa perspectiva epistemológica e ontológica ideal, “nossa melhor teoria física” deveria ser “descritiva do mundo físico em algum sentido forte”. Para Barrett, o problema consiste justamente em que “nenhuma das formulações da mecânica quântica” parece capaz de oferecer esse tipo de descrição. (BARRETT, 2019, p. 220)

Barrett conclui que a teoria quântica não ofereceria “nada parecido com uma metafísica canônica”. Ressalvando, porém, que isso “não significa que a metafísica não interessa” para a interpretação da teoria quântica. Ao contrário, “[...] os compromissos metafísicos que associamos com uma formulação particular desempenham um papel essencial na explicação do que são os registros das medições e porque se deve esperar que exibam as estatísticas quânticas padrão.” (BARRETT, 2019, p. 220)

Um aspecto essencial do argumento de Barrett consiste na tese de que “compromissos metafísicos” diferentes implicam em teorias físicas genuinamente diferentes: “Desde que a mesma estrutura teórica básica frequentemente oferecerá explicações diferentes dados diferentes compromissos metafísicos [...] faz sentido considerar interpretações metafísicas alternativas de uma estrutura teórica básica como representando teorias físicas alternativas”. (BARRETT, 2019, pp. 220-221) Por essa razão, somente podemos entender adequadamente o conteúdo descritivo de uma teoria física (ou seja, a forma como a teoria explica a experiência) “[...] no contexto de um conjunto específico de compromissos metafísicos.” (BARRETT, 2019, p. 221) Por isso, os “compromissos metafísicos de uma formulação particular da mecânica quântica são argumentos sobre variedades alternativas de explicações físicas.” (BARRETT, 2019, p. 222)

Teorias físicas, portanto, precisariam necessariamente ser associadas a “compromissos metafísicos” para se tornarem plenamente inteligíveis. Teorias físicas metafisicamente comprometidas normalmente recorrem à “estórias descritivas”:

As explicações que apelam para compromissos metafísicos frequentemente adotam a forma de estórias descritivas. Tais estórias podem dizer porque um

evento ocorre, ou porque deveria ser esperado, ou como é fisicamente possível. Estórias explicativas mais ricas podem caracterizar mecanismos, descrever como eventos são causados, ou explicar a existência de entidades emergentes ou estruturas de um tipo particular. É dessa forma que nossos compromissos metafísicos estão a serviço de nosso melhor entendimento do mundo físico e das explicações que o acompanham. (BARRETT, 2019, p. 221)

“Estórias descritivas” (metafisicamente informadas) adotam a forma de narrativas ontológicas, causais e funcionais ou mecânicas. Explicando *porque* e *como* os eventos ocorrem, determinam quais entidades ou estruturas *existem*. E é justamente esse tipo de *descrição* que Barrett parece esperar de uma teoria física satisfatória. Barrett parece reconhecer que qualquer compreensão adequada desse tipo de *descrição física* depende necessariamente dos “*compromissos metafísicos*” que assumimos. Ao admitir que os “[...] *compromissos metafísicos que associamos a uma teoria física são essenciais para as explicações que a teoria oferece.*” (BARRETT, 2019, p. 222) Mas a conclusão de que qualquer teoria física depende necessariamente de compromissos metafísicos para tornar-se plenamente inteligível parece claramente paradoxal numa certa medida.

Barrett sustenta, portanto, que nenhuma das formulações da teoria quântica constitui uma teoria física satisfatória. De modo que uma “*adesão dogmática a qualquer formulação particular com seus compromissos metafísicos associados faz pouco sentido.*” (BARRETT, 2019, p. 222)

A conclusão de Barrett é que, apesar disso, “[...] *na escolha - existem mudanças reais em como formulações alternativas da mecânica quântica caracterizam o mundo físico e, portanto, em como explicam nossa experiência.*” (BARRETT, 2019, p. 222) O ponto é que a “*escolha*” de uma ontologia é indispensável para qualquer interpretação da teoria quântica, de suas implicações e aplicações. Portanto, uma decisão relativamente arbitrária parece necessária para a formulação de *qualquer* teoria física satisfatória.

Barrett procura também esclarecer a relação entre metafísica e adequação empírica. Ressaltando que a ontologia escolhida por uma teoria física determina o que deve ser considerado como um registro de medição. E a plausibilidade da explicação da experiência que a teoria oferece depende de que a experiência superveniente seja compatível com os registros. Para Barrett, uma ontologia idealmente adequada deveria ser uma “*ontologia primitiva*” que retratasse nossa experiência cotidiana. De modo que uma ontologia satisfatória deveria ser baseada numa linguagem natural, fundada em conceitos e imagens intuitivos. Barrett reconhece, porém, que a “[...] *adequação empírica vem em tipos e graus diferentes [...]*” (BARRETT, 2019, p. 227) Uma teoria física “*fortemente adequada*” deve “*descrever um mundo que contenha alguma coisa na qual a experiência possa plausivelmente sobrevir, dados os compromissos fundamentais sobre quais fatos físicos são realmente relevantes para a experiência*” (BARRETT, 2019, p. 227) E logo adiante Barrett enfatiza novamente o elemento “*cultural*” de nossas teorias físicas em geral. Uma teoria física satisfatória deve ser compatível com “[...] *nossas suposições fundamentais sobre como experimentamos o mundo (que podem vir da ciência cognitiva, fisiologia, senso comum, etc.)*”. Uma teoria física também deve descrever um mundo compatível com nossas “[...] *crenças fundamentais sobre a relação entre estados físicos e mentais.*” Note-se que, estranhamente, Barrett parece subscrever uma dualidade entre fenômenos físicos e mentais. Caso contrário, a distinção mencionada não faria sentido. Ou, talvez, Barrett queira sugerir que essa distinção existe apenas em nossas “*crenças fundamentais*” e não no mundo físico, propriamente dito. Uma teoria física deveria ser compatível também com nossas “*crenças*” a respeito de fenômenos *mentais*. E, sobretudo, ser compatível com nossas crenças sobre a relação entre fenômenos físicos e mentais.

O ponto crucial do raciocínio de Barrett parece ser que “[...] *não existe um conjunto canônico de condições necessárias e suficientes para o que deveria ser*

considerado como uma explicação adequada da experiência.” (BARRETT, 2019, p. 228) A “escolha” uma ontologia da experiência torna-se essencial para aproximar qualquer teoria física, tanto quanto possível, do ideal de *objetividade* da ciência empírica: “Pode-se garantir um relato direto de determinada experiência pela escolha da ontologia empírica correta.” (BARRETT, 2019, p. 228) De novo, parece haver uma inconsistência nesse pensamento. Novamente, a *objetividade* da descrição empírica depende necessariamente de uma deliberação ontológica prévia. E como ela é *prévia*, ela não pode ser deduzida ou inferida *empiricamente* ou *experimentalmente*. Pois é ela, a escolha, que parece determinar a forma e a inteligibilidade da *descrição empírica* oferecida pela qualquer teoria física satisfatória. Por isso, “[...] a adequação empírica de uma teoria é uma matéria de análise de custo-benefício e compromisso.” Desse modo, o juízo acerca da adequação empírica de uma teoria física parece constituir um problema fundamentalmente *metafísico*. Mas, ao mesmo tempo, representa também uma questão eminentemente pragmática. Barrett finalmente admite a possível inadequação de nossas intuições e experiências cotidianas para uma descrição dos fenômenos quânticos. Ressaltando que “[...] uma formulação da mecânica quântica pode ser sutil e não particularmente bem conectada com as intuições que levaram a favorecer a escolha das uma ontologia primitiva [...]” (BARRETT, 2019, p. 229) Barrett sugere que uma “ontologia primitiva” provavelmente seja incompatível com qualquer formulação possível da teoria quântica. A ideia subjacente parece ser a de que fenômenos quânticos *existem realmente* como propriedades *objetivas* do mundo. Mas a *realidade* que eles nos revelam é incompatível com nossa ontologia natural, primitiva ou cotidiana. Ou seja, com os fenômenos que *experimentamos* em nossa existência natural. Barrett conclui que “para ser empiricamente adequada, a mecânica quântica deve ser contra-intuitiva.” (BARRETT, 2019, p. 231) Porque todas as interpretações disponíveis da teoria quântica ou do fenômeno quântico “[...] violam o senso-comum básico e as intuições filosóficas.” Essa aparente incompatibilidade entre nossas intuições e experiências cotidianas com uma descrição dos fenômenos quânticos acarretaria duas consequências filosóficas fundamentais para Barrett. A consequência metodológica consiste em que “[...] não podemos confiar no senso comum ou em intuições filosóficas” para atingir uma descrição adequada do mundo. A consequência epistemológica consiste no reconhecimento de que ainda não desenvolvemos meios de decidir quais das formulações da teoria quântica seriam verdadeiras e quais falsas. Por isso, devemos permanecer abertos a todas as “[...] opções teóricas sérias [...]” enquanto buscamos formulações mais apropriadas. Barrett propõe uma solução pragmática e provisória para o problema ontológico envolvido na interpretação da teoria quântica. Sugerindo que “[...] com respeito a escolha apropriada da ontologia empírica [...] devido a nossa situação epistêmica, deveríamos adotar mais proveitosamente uma visão flexível da matéria sem tentar estipular de uma vez por todas como nossa experiência deve sobreviver do mundo físico.” (BARRETT, 2019, p. 232) Mas essa solução não seria plenamente satisfatória, porque permaneceria exigência de que uma teoria física satisfatória deve oferecer uma *descrição* do mundo num sentido robusto. E isso, para Barrett, significa uma *descrição* compatível com nossa *experiência*. Note-se, finalmente, que Barrett mantém o ideal de uma teoria unificada ou de uma teoria quântica da relatividade. Afirmando que “o que deveríamos pretender agora seria uma formulação da mecânica quântica que pudéssemos entender claramente como sendo fortemente adequada em relação aos fenômenos relativísticos.” (BARRETT, 2019, p. 232)

## 2. PHILOSOPHY OF PHYSICS

Maudlin, em *Philosophy of Physics* (2019), inicialmente aponta o caráter

controverso da teoria quântica. Ressaltando que a “[...] mecânica quântica sempre foi um campo de batalha. Nada que se possa dizer mereceria a aprovação da maioria dos físicos e filósofos.” (MAUDLIN, 2019, ix) Sugerindo, logo adiante, que o problema fundamental da interpretação da teoria quântica consistiria em “[...] como modelar fenômenos empíricos com base em princípios.”

Maudlin substitua tradicional dualidade “teoria quântica” versus “interpretação da teoria quântica” pela dualidade “receita para previsões” versus “teoria física”. (MAUDLIN, 2019, p. xi) Porque não considera a interpretação de Copenhague, que constitui a interpretação padrão da teoria quântica aceita pela ampla maioria dos físicos e filósofos, como uma verdadeira teoria física, mas apenas como uma fórmula matemática estatística ou “receita para previsões”.

Para Maudlin, a dificuldade de uma interpretação satisfatória da teoria quântica não se resumiria unicamente ao célebre “problema do experimento” formulado por Bohr e Heisenberg. Outra inconsistência fundamental da teoria quântica residiria na falta de uma explicação para os fenômenos macroscópicos. Isso porque, “qualquer fenômeno macroscópico poderia, em princípio, testar uma teoria física fundamental, porque a teoria deveria ser capaz de oferecer uma explicação física para ele.” (MAUDLIN, 2019, p. ix) Essa, aliás, é uma razão fundamental para a conclusão de Maudlin de que a interpretação de Copenhague não caracteriza uma genuína teoria física. Porque uma teoria física aceitável deveria necessariamente oferecer uma descrição do mundo que explicasse a vinculação entre fenômenos físicos microscópicos e macroscópicos. Mas a ausência dessa explicação não é o único problema para a interpretação de Copenhague. A situação parece ainda pior quando constatamos que cálculos matemáticos precisos já demonstraram uma contradição fundamental entre a teoria quântica e a teoria da relatividade.

Maudlin define a física como a “ciência da matéria em movimento”. Procurando responder basicamente “o que é a matéria?” Para Maudlin, a teoria quântica constitui presentemente nossa melhor “teoria da matéria”. Por essa razão, uma questão fundamental consiste em compreender adequadamente “o que a teoria quântica afirma sobre a natureza dos constituintes materiais do mundo.” (MAUDLIN, 2019, p. 1) A discussão proposta por Maudlin, portanto, é claramente ontológica ou metafísica. Ao contrário da teoria da relatividade, “[...] não existe consenso algum entre os físicos sobre como entender a teoria quântica”.

A conclusão crucial de Maudlin consiste em que “[...] simplesmente não há uma teoria física exata e precisa denominada “teoria quântica” [...] Ao invés disso, há uma grande controvérsia.” (MAUDLIN, 2019, p. 2) De modo que o problema físico e filosófico fundamental, portanto, consistiria em “reconciliar” o reconhecido sucesso empírico da teoria quântica “[...] com a completa incerteza sobre o que a teoria afirma sobre a natureza da matéria”.

Para Maudlin, a interpretação de Copenhague não constitui “uma teoria física precisa”, mas apenas “uma receita muito exata e precisa para realizar certos tipos de previsões”. (MAUDLIN, 2019, p. 2) O problema físico e filosófico consiste em que essa “receita”, “simplesmente não contém nenhuma descrição unívoca do mundo em si mesmo”. (MAUDLIN, 2019, p. 4)

Maudlin recusa ainda a ideia de que a interpretação da teoria quântica, ou de qualquer teoria física, constitua unicamente um problema filosófico, ao invés de um problema físico propriamente dito<sup>1</sup>. Rejeitando o argumento de que a teoria quântica padrão, em si mesmo, constituiria uma verdadeira teoria física, sendo que apenas sua interpretação seria objeto de controvérsia. De modo, que o problema deixaria de ser dos físicos para ser dos filósofos.

Para Maudlin, “uma teoria física deveria conter uma ontologia física: o que a teoria postula existir como fisicamente real. E deveria também conter uma dinâmica:

leis (sejam determinísticas ou probabilísticas) descrevendo como essas entidades fisicamente reais se comportam.” (MAUDLIN, 2019, p. 4) Maudlin reivindica que a interpretação de Copenhagen não constituiria uma legítima teoria física justamente por não oferecer nem uma coisa nem outra. Ela simplesmente “[...] não especifica o que existe fisicamente e como se comporta [...]” Oferecendo apenas um “procedimento (ligeiramente vago) para realizar previsões estatísticas sobre o resultado de experimentos.” (MAUDLIN, 2019, pp. 4-5) Em suma, a interpretação de Copenhagen (ou “receita preditiva”) não apresentaria nem uma ontologia nem uma dinâmica definida.

Uma conclusão fundamental de Maudlin consiste em que o que convencionou denominar de “[...]”*interpretações alternativas da teoria quântica*” são teorias físicas alternativas precisas com ontologias físicas exatamente definidas e dinâmicas que (se verdadeiras) explicariam porque a receita quântica funciona tão bem.” (MAUDLIN, 2019, p. 5)

Maudlin sugere que uma teoria física nunca deveria utilizar termos como “observação,” “medição,” “sistema,” ou “aparato” em seus postulados fundamentais.” (MAUDLIN, 2019, p. 5) Numa clara referência à interpretação de Copenhagen. Para Maudlin, uma teoria física deveria basicamente “dizer precisamente o que existe e como se comporta”. E isso, ele afirma, como já vimos, que a interpretação de Copenhagen não o faz.

Maudlin, portanto, distingue (1) teoria física; (2) receita preditiva; e (3) fenômeno quântico ou dado experimental. (MAUDLIN, 2019, p. 5) Uma teoria física satisfatória deve explicar “a natureza do mundo físico”. Para isso, deve oferecer uma ontologia definida (o que existe) e uma dinâmica precisa (como o que existe se comporta). Pos essa razão, uma teoria física contemporânea deveria necessariamente “[...] ser capaz de explicar o sucesso da receita e, portanto, também explicar o fenômeno.” (MAUDLIN, 2019, pp. 5-6)

### 3. A GUIDE FOR THE METAPHYSICS OF QUANTUM MECHANICS

Em *Quantum Ontology: A Guide to the Metaphysics of Quantum Mechanics* (2016), Lewis reflete sobre o interesse metafísico pela teoria quântica. Lewis aponta inicialmente alguns vínculos fundamentais entre metafísica e física. Para Lewis, “A metafísica é o ramo da filosofia que lida com as estruturas fundamentais da realidade, e a física é o ramo da ciência que faz o mesmo”. (LEWIS, 2016, p. xiii) Lewis defende ainda ambas seriam limitadas igualmente pelos fenômenos empíricos: “Numa certa medida, cada teoria científica (que seja empiricamente aproximadamente adequada) é metafisicamente relevante, uma vez que cada uma dessas teorias se baseia em fenômenos empíricos, e cada fenômeno empírico é uma limitação à metafísica.” (LEWIS, 2016, p. xvi)

Lewis concentra sua investigação nas implicações metafísicas da teoria quântica. Sua investigação, portanto, é baseada no pressuposto de que a mecânica quântica constitui uma teoria ontológica que procura descrever o mundo. Lewis oferece várias boas razões para o desenvolvimento de uma interpretação metafísica da teoria quântica. Sugerindo que “a mecânica quântica é uma fonte de conhecimento rica - sobre a natureza dos indivíduos e das propriedades, sobre superveniência e espaço e causalidade, sobre determinação e determinismo.” (LEWIS, 2016, p. xii) Acrescentado que:

[...]a mecânica quântica é muito importante para a metafísica, por causa da maneira como amplia o leque de possibilidades metafísicas, por causa da maneira como desafia nossas intuições ensinadas classicamente, e por causa da maneira

como remodela os debates metafísicos de maneiras surpreendentes e empiricamente informadas. (LEWIS, 2016, p. xii)

Lewis propõe uma análise ontológica ou empírica, ao invés de teórica. Concentrando sua investigação nos fenômenos quânticos, ao invés de teoria ou mecânica quântica. Sustentando que “[...] são os fenômenos quânticos que são metafisicamente problemáticos [...]” (LEWIS, p. xvi). Para Lewis, o problema não é meramente teórico ou epistemológico, mas sim ontológico. Não seriam as diversas interpretações da teoria quântica, nem as diferentes descrições do mundo que elas oferecem, que seriam problemáticas para Lewis. Para ele, seriam os “fenômenos quânticos”, em si mesmo, que apresentariam características desconcertantes. As propriedades físicas do mundo que os fenômenos quânticos nos revelam é que seriam potencialmente revolucionárias. Lewis ressalta que “os fenômenos quânticos [...] não podem ser acomodados dentro de um mundo clássico. Então, ou temos que desistir completamente do projeto de descrever o mundo por detrás dos fenômenos [...], ou temos de embarcar no projeto de modificar nossa visão clássica do mundo para acomodá-los.” (LEWIS, 2016, p. xvii) Lewis opta pela segunda hipótese. Lewis argumenta que “[...] a mecânica quântica é metafisicamente revolucionária mesmo que não esteja claro que forma as revisões devem assumir.” (LEWIS, 2016, p. xii) Lewis conclui que:

[...] a mecânica quântica é fascinante e frustrante. Seus fenômenos são surpreendentemente difíceis de encaixar em qualquer estrutura ontológica coerente. As estruturas que obtemos são fascinantemente revisionistas, mas também frustrantemente problemáticas.. O melhor que podemos dizer é que nem tudo em nossa visão recebida clássica do mundo pode estar certo. (LEWIS, 2016, p. 182)

Outra razão fundamental para a relevância metafísica desse estudo residiria no fato de que “a mecânica quântica oferece um nível de teoria física em que aparecem uma série de dificuldades conceituais inter-relacionadas, e são as respostas a essas dificuldades conceituais que fazem da mecânica quântica tão metafisicamente revisionária.” (LEWIS, 2016, p. xv)

Nesse sentido, uma análise metafísica da teoria da relatividade ou da mecânica de Newton não ofereceria nenhuma dificuldade maior. Porque podemos entender e explicar essas duas teorias fundamentais através de uma ontologia natural ou intuitiva, empregando nossa linguagem e conceitos cotidianos. Ao contrário disso, a teoria quântica apresenta fenômenos e conceitos que parecem contradizer nossas crenças recebidas sobre o mundo físico e as intuições metafísicas padrão sobre as quais elas se fundam. Por isso mesmo, “uma exposição metafísica da mecânica quântica possui o potencial para revelar aonde essas intuições falham.” (LEWIS, 2016, p. xvi)

Isso ocorre, porque os fenômenos quânticos “[...] parecem minar essas intuições” naturais, incorporadas pelo senso-comum. O ponto é que Lewis opta por desenvolver uma análise das consequências metafísicas dos fenômenos quânticos em si mesmo, independentemente do status da teoria quântica. Ou seja, independentemente dela constituir ou não uma verdadeira teoria física fundamental. (LEWIS, 2016, p. xvi)

Uma conclusão de Lewis especialmente relevante para nossa investigação consiste no reconhecimento de que a teoria quântica “certamente não é uma teoria fundamental ou definitiva em nenhum sentido, mas o argumento aqui desenvolvido para seu interesse metafísico não depende de tal reivindicação.” (LEWIS, 2016, p. xvi) Independente disso, o fenômeno empírico, associado à teoria quântica, em si mesmo, oferece elementos relevantes para uma investigação metafísica. Por isso, não importa se a teoria quântica não for “a palavra final em teoria física”, nem “que a mecânica quântica não revele os constituintes fundamentais da matéria”. Lewis, aliás, admite que

a ciência contemporânea não é capaz ainda de responder quais seriam esses elementos básicos da matéria, “*porque não existem ainda resultados empíricos*” que esclareçam essa questão. (LEWIS, 2016, p. xvi) Ou seja, não possuímos evidências empíricas para determinar quais são esses elementos. Porém, sabemos que sejam quais forem esses “*constituintes fundamentais da matéria*”, eles devem ser compatíveis e explicar os fenômenos quânticos apontados por inúmeros experimentos e confirmados por previsões muito exatas. Lewis conclui que “*ao final do dia, são os fenômenos quânticos que são metafisicamente problemáticos*”. (LEWIS, 2016, p. xvi).

Lewis, portanto, propõe uma investigação metafísica dos fenômenos quânticos e não da teoria ou da mecânica quântica. Isso porque, a interpretação da teoria quântica tem se mostrado extremamente controversa. Inclusive, “*muitos físicos e filósofos proeminentes negam que ela forneça uma descrição do mundo físico.*” Mas ainda que a consideremos uma teoria física genuína, que apresente uma descrição física do mundo, “*não há consenso sobre a natureza da descrição que ela nos oferece.*” (LEWIS, 2016, p. xvii) Portanto, a ideia de que a teoria quântica seja “*metafisicamente revisionária*” por oferecer uma descrição teórica do mundo incompatível com nossas intuições naturais e nosso senso-comum, permanece controversa. Entretanto, devemos reconhecer que o fenômeno quântico, em si mesmo, certamente desafia nossa visão tradicional do mundo físico. Por essa razão, devemos assumir o “*projeto de modificar nossa visão clássica do mundo para acomodá-lo*”. (LEWIS, 2016, p. xvii)

Lewis defende, porém, que “*podemos dizer bastante confiantemente que a mecânica quântica é metafisicamente revisionária ainda que não seja claro que forma as revisões devem assumir*”. (LEWIS, 2016, p. xvii)

A reivindicação fundamental de Lewis consiste em que “*são os fenômenos empíricos quânticos que nos obrigam a revisar nossas pressuposições metafísicas classicamente inspiradas.*” (LEWIS, 2016, p. 1) Lewis observa que, normalmente, numa investigação metafísica baseada na ciência, analisamos basicamente “*teorias científicas para informar nossa ontologia*”. Para Lewis, porém, essa estratégia parece inadequada quando tratamos da teoria quântica. Porque o projeto de derivar consequências metafísicas a partir da teoria quântica apresenta dificuldades importantes. Uma dessas dificuldades deriva do fato de que, conforme Lewis, existiriam duas interpretações canônicas da teoria quântica: (a) matriz mecânica de Heisenberg, Born e Jordan (1925); e (b) mecânica de ondas de Schrödinger (1926). E de que não dispomos atualmente meios experimentais ou teóricos para decidir a partir de qual delas devemos extrair nossas conclusões metafísicas. A outra dificuldade consistiria em que “*está longe de ser claro como interpretar qualquer dessas teorias como descritivas do mundo.*” (LEWIS, 2016, p. 1) Essas seriam as razões fundamentais que motivariam o projeto filosófico, e especialmente metafísico, de interpretação da teoria quântica: “*Se a teoria da mecânica quântica por si mesmo não nos diz como conceber o mundo por trás dos fenômenos quânticos, então cabe a nós construirmos essa concepção.*” (LEWIS, 2016, p. 1) Lewis conclui que “*isso torna a mecânica quântica incomum, talvez única, na história da ciência. Ela é uma teoria na qual não temos ideia sobre o que estamos falando, porque não temos ideia do que (se houver) a estrutura matemática básica da teoria representa.*” (LEWIS, 2016, p. 23)

Mas mesmo que consideremos a teoria quântica apenas uma eficiente fórmula matemática ou “*simplesmente como um sumário útil de fenômenos empíricos, ela permanece desafiando nossas intuições metafísicas classicamente aprendidas*”. Isso porque, “*não existe uma maneira óbvia de explicar esses fenômenos nos termos dos tipos de objetos e propriedades que normalmente utilizamos para povoar o mundo*”. (LEWIS, 2016, p. 23)

Mas apesar de concentrar o foco de sua investigação no problema ontológico ou fenômeno quântico, ao invés de explorar diretamente o problema teórico da mecânica

quântica. Lewis reconhece que a dificuldade de uma interpretação metafísica satisfatória é semelhante em ambos os casos. De um lado, a teoria quântica não oferece uma interpretação física dos fenômenos “*precisamente porque não existe uma interpretação óbvia a ser oferecida nos termos de nossas categorias metafísicas ordinárias*”. De outro, os fenômenos quânticos não são explicados satisfatoriamente pela teoria “*precisamente porque não sabemos como interpretar a teoria como descritiva do mundo*”. (LEWIS, 2016, pp. 23-24)

Diante desse panorama, Lewis identifica três tipos de abordagem do problema. (1) Podemos tentar revisar nossa ontologia física clássica para adaptá-la aos fenômenos quânticos. Dessa forma, “*podemos encontrar uma maneira de interpretar a teoria da mecânica quântica [...] como descritiva de sua ontologia [...]*.” (2) Podemos negar que a teoria quântica constitua uma teoria física completamente satisfatória conforme suas formulações canônicas. Podemos considerar, como Einstein, que a teoria quântica constitui uma teoria *parcial ou incompleta*. Como sugere Einstein, podemos considerar que ela representaria apenas a deficiência de nosso conhecimento sobre o mundo físico. Einstein tem em mente principalmente o *princípio de incerteza* de Heisenberg. De modo que devem existir *variáveis ocultas* que ainda não conhecemos. De maneira que somente quando descobrirmos essas teremos uma teoria física completamente satisfatória. Afinal, “*Deus não joga dados*”! Nesse caso, conforme Lewis, talvez a teoria quântica não deva ser interpretada como uma genuína descrição do mundo físico. Talvez ela descreva apenas o estado atual de nosso conhecimento sobre o mundo físico. E, então, devemos reconstruir desde o começo uma nova teoria que ofereça uma explicação alternativa para os fenômenos quânticos. Uma teoria que possa ser interpretada como realmente descritiva do mundo físico. (3) Podemos considerar que a teoria quântica nos ensina justamente que não é possível oferecer uma *descrição realista* do mundo físico. Nesse caso, “*a lição da teoria quântica é a de que o realismo está morto*”. (LEWIS, 2016, p. 24)

Lewis se esforça para mostrar que o *realismo científico* ainda constitui um alternativa metafísica viável diante dos fenômenos e da teoria quântica. Rejeitando a tese de que a teoria quântica imporia limites intransponíveis para uma genuína *descrição* física do mundo, quando lidamos com fenômenos microscópicos ou atômicos em geral. Rejeitando também a ideia de que a teoria quântica seria apenas uma fórmula matemática elegante e bem sucedida. Porque, nesse caso, não haveria nenhuma *descrição* do mundo a ser explorada. E, portanto, não haveriam consequências metafísicas a serem identificadas. Conforme essa perspectiva, a teoria quântica, em si mesmo, não seria falha ou incompleta. Nossas expectativas sobre o tipo de descrição que uma teoria física pode e deve oferecer sobre os fenômenos atômicos é que seria falha. (LEWIS, 2016, p. 26) Ou seja, nossa concepção tradicional do que seria uma teoria física satisfatória é que estaria equivocada. Para Lewis, a teoria quântica “[...] *de nenhuma maneira bloqueia o realismo com respeito à mecânica quântica. Ao contrário, a suposição padrão acerca da mecânica quântica, como de qualquer outra teoria científica, é que o objetivo de uma teoria bem sucedida é descrever o mundo físico.*” (LEWIS, 2016, p. 26)

#### 4. TEORIA-M E TEORIAS FÍSICAS PARCIAIS

Em Uma Breve História do Tempo: Do Big Bang aos Buracos Negros, Hawking ressalta a importância decisiva do princípio da incerteza de Heisenberg para o surgimento de uma nova concepção *metafísica* da realidade introduzida pela teoria quântica. Para Hawking, “*o princípio da incerteza teve profundas implicações para a maneira pela qual vemos o mundo*”. (HAWKING, 1988, p. 87) Na interpretação de

Hawking, “[...] o princípio da incerteza de Heisenberg é uma propriedade fundamental e inescapável do mundo.” (HAWKING, 1988, p. 87) Hawking considera, portanto, que o princípio da incerteza possui natureza *ontológica*. É que a teoria quântica deve ser considerada como uma genuína teoria física, e não apenas como uma bem-sucedida fórmula matemática estatística para prever resultados de experimentos. Para Hawking, o princípio da incerteza constitui um elemento fundamental da teoria quântica, que apresenta diversas e decisivas implicações na visão científica contemporânea do mundo. E sua relevância e alcance é tamanha que “*mesmo depois de mais de cinquenta anos, ele ainda não foi plenamente apreciado por muitos filósofos, e ainda continua sendo o sujeito de muitas controvérsias.*” (HAWKING, 1988, p. 87)

Em *The Grand Design*, Hawking e Mlodinow parecem concordar com as conclusões fundamentais de Lewis, Barrett e Maudlin, acerca das consequências metafísicas da teoria quântica: “*A física quântica é um novo modelo de realidade que nos oferece uma imagem do universo. É uma imagem na qual muitos conceitos fundamentais para nosso entendimento intuitivo da realidade não possuem mais significado.*” (HAWKING and MLODINOW, 2010, p, 107) Reconhecendo que a teoria quântica contradiz nossas intuições metafísicas tradicionais. Nessa obra, Hawking e Mlodinow procuram traçar um panorama do estado atual da teoria física em geral. Para esses autores, esse estado é caracterizado fundamentalmente pela contradição essencial entre a teoria da relatividade e a teoria quântica. E essa contradição elementar parece haver propiciado a introdução da hipótese da Teoria-M ou das teorias físicas parciais. Atualmente os físicos parecem divididos entre duas hipóteses básicas: (1) continuar com a procura de uma teoria física unificada do mundo, ou do que se convencionou denominar uma *teoria quântica da relatividade ou gravidade*, que pudesse resolver as contradições entre teoria da relatividade e teoria quântica, e proporcionar uma *teoria de tudo*; (2) adotar a hipótese da Teoria-M ou das teorias físicas parciais. A hipótese (1) depende da presunção do princípio da unidade das leis físicas. A hipótese (2), embora não dependa necessariamente do abandono do princípio da unidade das leis físicas, pode prescindir dele. Hawking e Mlodinow permanecem acreditando na *unidade das leis físicas*. Hawking, aliás, dedicou boa parte de sua vida acadêmica à busca pela *teoria quântica da gravidade*. Apesar disso, Hawking e Mlodinow são obrigados a reconhecer que a hipótese de uma *multiplicidade ou pluralidade* de teorias físicas *parciais* tem sido cada vez mais considerada com seriedade pelos físicos contemporâneos:

Pode ser que a expectativa tradicional dos físicos de uma única teoria da natureza seja insustentável, e não exista uma única formulação. Pode ser que para descrever o universo, tenhamos de empregar teorias diferentes em situações diferentes. Cada teoria pode ter sua própria versão da realidade [...](HAWKING and MLODINOW, 2010, p. 184)

Acrescentando que: “*A esperança original dos físicos de produzir uma única teoria explicando as leis aparentes de nosso universo como a única consequência possível de algumas suposições simples pode ter que ser abandonada.*” (HAWKING, and MLODINOW, 2010, p.187) Hawking, aliás, já havia reconhecido anteriormente que “*provou-se que é muito difícil descobrir uma teoria que descreva todo o universo de uma só vez*”. (HAWKING, 1988, p. 31) Para Hawking, o reconhecimento disseminado dessa dificuldade, parece haver levado os físicos a cogitarem novas hipóteses sobre a estrutura das leis fundamentais que governam o universo e novas estratégias de pesquisa. Sendo que, uma boa parte deles, atualmente admite que, ao invés da busca pela teoria unificada, talvez, devesse-mos procurar por um conjunto de teorias parciais:

Em vez disso, dividimos o problema em partes e inventamos uma série de teorias parciais. Cada uma dessas teorias parciais descrevem e predizem uma certa classe limitada de observações, negligenciando os efeitos de outras quantidades, ou

representando-as através de simples conjuntos de números.(HAWKING, 1988, p. 17)

Conforme essa nova perspectiva, cada teoria física parcial descreveria uma classe específica de fenômenos. Quando essas teorias pudessem ser sobrepostas funcionariam como uma única teoria. Quando não, funcionariam como teorias alternativas ou parciais. Essa nova abordagem pressupõe justamente que *existiriam* leis físicas diferentes para diferentes fenômenos, sistemas ou parcelas do universo. Isso explicaria, por exemplo, porque não conseguimos até hoje *unificar* as leis que governam os fenômenos microscópicos e macroscópicos. Adotando essa nova perspectiva, eliminaríamos a inconsistência elementar de nosso conhecimento físico atual. Se, ao contrário, permanecermos fiéis ao princípio da unidade das leis físicas, somos obrigados a concluir que a teoria física contemporânea apresenta uma grave contradição. Porque, nesse caso, temos de lidar com um paradoxo fundamental. Por um lado, temos de admitir que os objetos macroscópicos são compostos pelos objetos microscópicos. E, por outro, não temos nenhuma explicação para a forma como ocorre a transição das leis físicas que governam uns e outros. Ou seja, não temos a menor ideia de *como*, e a partir de que dimensão, um objeto deixa de ser governado pelas leis quânticas e passa a obedecer as leis Newtonianas e ou relativísticas.

Hawking recorda que a história da ciência ocidental, desde o século XVII até nosso dias, ensina que avançamos em nosso conhecimento sobre o mundo físico justamente através do desenvolvimento de sucessivas teorias parciais: *“Ainda assim, foi esta certamente a forma com que se fez progressos no passado”* (HAWKING, 1988, p. 31) Por isso, a hipótese das teorias parciais também parece bastante aceitável do ponto-de-vista pragmático: *“Porque as teorias parciais que já temos são suficientes para fazer previsões acuradas em todas as situações, exceto as mais extremas, a busca por uma teoria definitiva do universo parece difícil de justificar por motivos práticos.”* (HAWKING, 1988, p. 33)

O fato é que nossas atuais teorias parciais atendem bastante satisfatoriamente todas as nossas necessidades práticas e tecnológicas. De modo que, parece que apenas o apego à velhas crenças arraigadas, ou à intuições metafísicas tradicionais, continua justificando o *mito* da teoria unificada do universo. Apenas porque, a hipótese, mais modesta e pragmática, das teorias parciais, *“[...] talvez não satisfaça nosso desejo humano de sermos especiais ou descobriremos um pacote bacana que contenha todas as leis da física.”* (HAWKING and MLODINOW, 2010, pp. 225-226) Mas, apesar da frustração que isso representaria para nosso ideal de unidade e simplicidade da natureza, *“[...] essa parece ser a forma da natureza.”*(HAWKING and MLODINOW, 2010, pp. 227-228) O fato é que nossas evidências científicas atuais sugerem que, provavelmente, a natureza não seja unitária, nem simples, nem contínua. E que o ideal de uma teoria física unificada parece repousar unicamente na aspiração de uma redução das leis naturais aos princípios *“abstratos”* da lógica: *“Mas talvez o verdadeiro milagre é que considerações abstratas da lógica conduzam a uma teoria única que descreve e prevê o vasto universo que vemos repleto de uma variedade impressionante.”* (HAWKING and MLODINOW, 2010, p. 283) A revisão de nossa lógica tradicional (PUTNAM, 1965, 1974, 2005), e especialmente do princípio do terceiro-excluído (QUINE, 1953), tem sido apontada por muitos físicos, lógicos e filósofos, como uma das prováveis consequências da teoria quântica. Nossa sugestão é que, além do princípio do terceiro-excluído, talvez devamos revisar também o princípio da unidade e da identidade. E, ao fazê-lo, tenhamos de admitir que nossos discursos e teorias sobre o mundo somente podem ser parciais e variáveis.

O ponto fundamental é que Hawking e Mlodinow sugerem que a física contemporânea já teria abandonado esse ideal de um princípio unificador das leis naturais: *“Parece não haver uma teoria ou modelo matemático único que possa*

descrever todos os aspectos do universo.” (HAWKING and MLODINOW, 2010, pp. 93-94) Afirmando que atualmente muitos físicos passaram a admitir o conceito de uma Teoria-M. Ao invés da busca por uma teoria física *unificada*, ganha força a ideia de que podemos desenvolver apenas teorias físicas *parciais*. Ao invés de uma teoria física total, “*parece haver uma rede de teorias denominada teoria-M.*” (HAWKING and MLODINOW, 2010, p. 94) Sendo que “*cada teoria na rede teoria-M é boa para descrever fenômenos dentro de um certo âmbito limitado*”. (HAWKING and MLODINOW, 2010, pp. 93-94) Conforme o conceito da Teoria-M, “[...] *nenhuma teoria única dentro da rede pode descrever todos os aspectos do universo - todas as forças da natureza, as partículas que sentem essas forças, e a estrutura de espaço e tempo na qual tudo isso se desenvolve.*” (HAWKING and MLODINOW, 2010, p.95) Nesse sentido, a teoria quântica é reconhecidamente eficaz para descrever fenômenos atômicos ou microscópicos. A teoria da relatividade, para descrever fenômenos macroscópicos que ocorrem em velocidades próximas à velocidade da luz. E a mecânica de Newton, para descrever os fenômenos que experimentamos cotidianamente. Nenhuma dessas teorias é *completa e absoluta*. Cada uma, descreve e prevê, eficazmente, apenas certas classes de fenômenos. Hawking e Mlodinow concluem que “*apesar dessa situação não satisfazer o sonho da física tradicional de uma única teoria, ela é aceitável dentro da estrutura do realismo modelo-dependente.*” (HAWKING and MLODINOW, 2010, p. 95)

## 5. CONSEQUÊNCIAS METAFÍSICAS E FÍSICAS DA TEORIA QUÂNTICA

Barrett, Lewis, Maudlin, Hawking e Mlodinow concordam basicamente em um ponto. A provável *falsidade* de nossas intuições e crenças metafísicas tradicionais acerca da *realidade física do mundo* constitui uma das principais, senão a principal, consequência *metafísica* da teoria quântica. Nossa ontologia empírica tradicional, baseada em nossa experiência sensorial, não consegue refletir adequadamente os fenômenos atômicos e os princípios da teoria quântica. Nossa linguagem natural, e os conceitos que construímos a partir dela, não são capazes de expressar satisfatoriamente a *realidade física* sugerida pelos resultados de nossos experimentos quânticos.

Por outro lado, nossa investigação sugere que a principal consequência *física* da teoria quântica parece ser o surgimento da hipótese da *teoria-M* ou das *teorias físicas parciais*. Reivindicamos nesse artigo que as consequências metafísicas e físicas da introdução da teoria quântica em nosso sistema de leis físicas e em nossa *descrição da realidade* são interdependentes. Porque parecem haver sido justamente as novas possibilidades metafísicas ou ontológicas introduzidas pela teoria quântica que teriam conferido razoabilidade à hipótese de que as leis físicas, e, portanto, as teorias físicas, não seriam unitárias e uniformes, mas múltiplas e variadas. Foi a ideia de que nossas intuições e crenças metafísicas tradicionais poderiam ser *falsas* que nos obrigou a uma revisão fundamental de nossa visão do mundo e das leis que o governam. Dessas maneira, as conclusões *metafísicas* extraídas a partir da teoria quântica parecem haver influenciado decisivamente nossa *teoria física*.

A hipótese que procuramos defender nesse artigo é a seguinte. No estado atual de nosso conhecimento *físico* dispomos de, ao menos, três teorias extremamente bem-sucedidas. A mecânica de Newton, a teoria da relatividade de Einstein e a teoria quântica, seja qual for sua interpretação. A mecânica de Newton *descreve* perfeitamente todas as nossas experiências sensoriais e satisfaz todas as nossas necessidades práticas cotidianas. Explicando bastante satisfatoriamente quase todos os fenômenos físicos macroscópicos, exceto quando nos aproximamos da velocidade da luz. Na verdade, em nossa vida cotidiana, exceto pela tecnologia, utilizamos basicamente a física Newtoniana. Esse fato é reconhecido, por exemplo, por Hawking e Mlodinow:

No entanto, continuamos a usar a teoria de Newton para todos os propósitos práticos, porque a diferença entre suas previsões e as da relatividade geral são muito pequenas nas situações com as quais normalmente lidamos. (A teoria de Newton também possui a grande vantagem de ser muito mais simples para trabalhar do que a de Einstein!). (HAWKING, 1988, p. 30)

A teoria de relatividade, por sua vez, também explica bastante satisfatoriamente os fenômenos físicos macroscópicos, especialmente aqueles que ocorrem em corpos muito grandes e em velocidades próximas a da luz. Porém, em nossa vida cotidiana, não experimentamos sensorialmente, de maneira direta, nenhum fenômeno relativístico. A teoria da relatividade é considerada uma *teoria física clássica* porque adota uma *descrição determinística* das leis físicas. Na medida, em que a *relatividade do tempo e do espaço*, devida às diferenças de perspectiva entre diferentes observadores, pode ser compensada por cálculos matemáticos precisos.

A teoria quântica, por sua vez, oferece uma explicação para os fenômenos microscópicos ou atômicos que é amplamente confirmada por previsões absolutamente exatas. Mas, ao contrário da mecânica de Newton e da teoria da relatividade, ela é uma teoria *probabilística*. Sendo amplamente considerada a teoria mais elegante e bem-sucedida da história da ciência empírica ou experimental ocidental. O problema é que cada uma dessas teorias fundamentais é bastante eficaz em relação à certos fenômenos físicos e ineficaz em relação a outros. E, além disso, cálculos matemáticos provaram a incompatibilidade dessas três teorias físicas entre si. Nosso sistema de leis físicas, portanto, apresenta uma inconsistência fundamental. Desde a comprovação matemática da contradição essencial entre a teoria quântica e a teoria da relatividade, a busca pelo desenvolvimento de uma *teoria quântica da gravidade*, que pudesse unificar essas duas teorias fundamentais, tem sido considerada por muitos como a principal tarefa da física contemporânea. Porém, até a presente data, não existe nenhuma perspectiva de que possamos atingir essa *teoria de tudo*. Alguns ainda acreditam que a *teoria das supercordas* poderia atingir essa unificação. Mas o problema é que ninguém tem qualquer ideia sobre como conceber um experimento que pudesse comprovar essa hipótese. A sugestão que procuramos apresentar nesse estudo consiste em que essa inconsistência poderia ser superada se adotássemos uma nova concepção metafísica das leis que governam nosso universo. Como, alias, muitos físicos contemporâneos já parecem admitir.

Reivindicamos que, diante desse panorama, parece bastante razoável, ao menos, considerar com seriedade uma *hipótese física e metafisicamente revolucionária: a hipótese de que as leis físicas poderiam não ser unitárias e contínuas! Mas variáveis e parciais!* A forte possibilidade de que nossas intuições e crenças metafísicas tradicionais possam ser *falsas*. Acrescida da comprovada incompatibilidade entre nossas melhores teorias físicas. Parece sugerir que talvez devessemos abrir mão do ideal metafísico da *unidade do mundo*. E que, por consequência, talvez devessemos também desistir do ideal físico do desenvolvimento de uma teoria física unificada e absoluta ou de uma *teoria de tudo*. Talvez devessemos nos contentar com *teorias e descrições físicas parciais*. Talvez devessemos admitir que sistemas físicos diferentes obedecem a leis físicas diferentes. Simplesmente porque o universo pode não ser *ontologicamente* unitário e contínuo.

A necessidade de uma revisão de nossas intuições e crenças metafísicas mais tradicionais constitui uma consequência da teoria quântica (ou do fenômeno quântico) apontada por Lewis, Barrett e Maudlin. Estamos plenamente de acordo com essa conclusão. Porém, o foco de nossa argumentação é diferente daquele proposto por esses autores. Porque eles concentram suas análises nas consequências metafísicas da teoria quântica para nossa concepção dos *entes constituintes básicos do universo*. Enquanto nossa reivindicação diz respeito às consequências metafísicas da teoria quântica para

nosso sistema de leis físicas. E, mais especificamente, para nossa concepção acerca das leis físicas que governam o universo. Reivindicamos que uma das consequências metafísicas mais fundamentais da teoria quântica, talvez a mais verdadeiramente revolucionária, poderia ser a necessidade de revisarmos nossas intuições metafísicas e crenças naturais acerca da *unidade, uniformidade e continuidade* das leis físicas. Nosso raciocínio é o seguinte: (1) Se admitimos que nossas intuições e crenças metafísicas tradicionais podem ser falsas e que devemos revisá-las; (2) Se admitimos que o princípio da unidade ou uniformidade das leis naturais não constitui um princípio ontológico ou uma propriedade empírica do mundo, mas apenas um princípio psicológico derivado de um *hábito ou costume* originado pela mente humana (como Hume sugeriu); (3) Se admitimos que esse *hábito ou costume* constitui uma das principais fontes de nossas intuições e crenças metafísicas tradicionais; e, se, finalmente, (4) adotamos a concepção contemporânea das teorias físicas parciais ou teorias-M; então, segue-se que, (5) devemos concluir que uma revisão de nossas intuições metafísicas clássicas também deveria incluir uma revisão de nosso *hábito ou costume mental* acerca da *unidade ou uniformidade das leis físicas*.

Se nosso raciocínio está correto. Devemos, ao menos, admitir seriamente a possibilidade de que não exista nenhum *princípio unificador do mundo*. Que os fenômenos físicos podem ser localizados, variáveis e descontínuos. Que cada sistema físico obedeça à leis físicas diferentes. E que essas leis evoluem de maneira *relativamente indeterminada*. E que, por essas razões, talvez deveríamos desistir do ideal de uma *teoria física unificada do mundo*. Reivindicamos que essa parece ser a conclusão mais razoável que podemos extrair do estado atual de nosso conhecimento físico, de nossos experimentos e evidências empíricas. Conforme procuramos mostrar, físicos, como Hawking e Mlodinow, sugerem que seus colegas já começaram a admitir essa possibilidade com seriedade. Nossa sugestão consiste em que talvez tenha chegado o momento em que os filósofos metafísicos também devam admitir essa hipótese seriamente. Porque, não havendo evidências empíricas em seu favor, o *princípio da unidade das leis físicas* não passa de um *ideal ou mito*, baseado unicamente em nossas intuições e crenças metafísicas naturais clássicas (ou, em nossos *hábitos e costumes*, para usar a terminologia de Hume). Nossa conclusão, portanto, é a de que o princípio da unidade do mundo é *empiricamente injustificado*. Essa conclusão certamente abalaria nossa metafísica e física tradicionais. E, talvez, até mesmo, poria em sérias dificuldades a justificação de nossa ciência empírica experimental. Mas parece que temos de reconhecer que nossas evidências empíricas atuais parecem sugerir a hipótese de que esse *ideal ou mito* do princípio da unidade do mundo represente unicamente uma necessidade psicológica, e até mesmo cultural, de nossa espécie natural. Do ponto-de-vista estritamente metafísico, esse *mito da unidade* do mundo parece remeter claramente à noção de um *Deus* ou *Inteligência Superior* que teria criado e organizado o *Cosmo*. Hawking e Mlodinow, aliás, discutem largamente essa questão acerca da relação entre o princípio da unidade das leis naturais e a noção de Deus. (HAWKING and MLODINOW, 2010, pp. 50-52) Aliás, é justamente esse *mito* que está por detrás da célebre afirmação de Einstein de que “*Deus não joga dados.*” Talvez devêssemos considerar a hipótese de que o universo se desenvolva sem uma ordenação absoluta, e suas leis não sejam uniformes e contínuas, mas variem conforme esse desenvolvimento e os diferentes sistemas físicos. Essa concepção de um *multiverso* ou *pluriverso*, certamente, contrariaria fortemente nossas intuições e crenças metafísicas clássicas. Nesse sentido, é preciso lembrar que o *princípio da unidade* remonta à origem do pensamento metafísico ocidental em Parmênides e Platão. Mas, afinal, nossa reivindicação parece se ajustar perfeitamente à principal consequência metafísica da teoria quântica apontada por Lewis, Maudlin e Barrett. Para todos esses autores, a principal lição metafísica da teoria quântica consiste no reconhecimento de que nossas

intuições metafísicas tradicionais talvez sejam *falsas*. O ponto é que a teoria quântica, ao lançar dúvidas sobre nossas intuições metafísicas tradicionais, obrigou uma reavaliação geral de nossas crenças ontológicas. A partir da introdução da teoria quântica, e de suas diversas interpretações, o espectro de nossas hipóteses e possibilidades ontológicas alargou-se amplamente. Nossas opções ontológicas atuais incluem *imagens* tão diversas e surpreendentes como "mundos alternativos", "um observador com diversas mentes", a noção de que a matéria pode ser descrita ou comportar-se alternativamente como partícula ou onda, a *superposição* de estados quânticos, a atribuição de *existência* a entidades teóricas abstratas como *quarks* (partículas que não existem isoladamente na natureza, mas apenas em grupos de três ou em pares de *quarks* e *anti-quarks*), a hipótese altamente contra-intuitiva de que um único elétron possa transpor duas fendas de uma mesma película simultaneamente, etc. Reivindicamos que é justamente essa consequência metafísica da teoria quântica (a revisão de nossas intuições metafísicas tradicionais e a abertura de novas possibilidades ontológicas) que nos permite razoavelmente também por em dúvida o *princípio da unidade das leis físicas*. O *princípio* ou *mito da unidade do mundo* está na origem da religião (monoteísmo), da filosofia *metafísica* e da ciência natural ocidental. Ou seja, está na origem da *cultura ocidental*. Por isso mesmo, uma ruptura com esse *mito* talvez representasse a maior revolução metafísica e física que se poderia imaginar que a teoria quântica pudesse causar em nossa concepção da *realidade do mundo*. No que concerne especificamente ao problema da *interpretação da teoria quântica*, sua consequência parece ser a seguinte. Se abandonássemos o princípio da unidade da natureza, poderíamos admitir, sem medo de contradição, que a teoria quântica constitui uma legítima teoria física *completa*, porém *parcial*. Oferecendo tudo o que devemos racionalmente esperar de uma teoria física, conforme sugerem nossas evidências científicas e empíricas atuais.

## CONCLUSÃO

Procuramos sugerir nesse artigo que, diante da introdução da teoria quântica em nosso sistema de leis físicas e das evidências científicas atuais, o princípio metafísico da unidade e uniformidade do universo ou da natureza parece *empiricamente injustificado*. E que essa conclusão constitui a consequência metafísica mais radical e revolucionária que poderíamos extrair de uma interpretação *realista* da teoria quântica. No que tange especificamente ao problema de *interpretação da teoria quântica*. Nossa conclusão depende de assumirmos que a teoria quântica constitui uma legítima teoria física ou *descrição da realidade física*. Descartando, conseqüentemente, as hipóteses de que ela constitua apenas uma fórmula matemática bem-sucedida, uma teoria física incompleta, em razão de nossas deficiências epistemológicas atuais, ou que, simplesmente, não seja uma verdadeira teoria física.

## REFERÊNCIAS

- BARRETT, J. 2019, *The Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, Oxford, Oxford University Press, 251 p.
- HAWKING, S. 1988, *Uma Breve História do Tempo: Do Big Bang aos Buracos Negros*, Rio de Janeiro, Editora Rocco Ltda., 262 p.
- HAWKING, S. and MLODINOW, L. 2010, *The Grand Design*, New York, Bantam Books, 323 pp.
- LEWIS, P. 2016, *Quantum Ontology: A Guide to the Metaphysics of Quantum Mechanics*, New York, Oxford University Press, 207 p.
- MAUDLIN, T. 2019, *Philosophy of Physics: Quantum Theory*, New Jersey, Princeton University Press, 233 p.
- PUTNAM, H. 1965, A Philosopher Looks at Quantum Mechanics, in Robert G. Colodny (ed.),

Beyond the Edge of Certainty: Essays in Contemporary Science and Philosophy

PUTNAM, H. 2005, A Philosopher Looks at Quantum Mechanics (Again), *The British Journal for the Philosophy of Science*, Oxford, Oxford University Press, Vol. 56, No. 4 (Dec., 2005), pp. 615- 634

PUTNAM, H, 1974, How to Think Quantum-Logically, *Synthese*, Springer, Vol. 29, No. 1/4, Logic and Probability in Quantum Mechanics (Dec., 1974), pp. 55-61

QUINE, W. 1953, Two Dogmas of Empiricism, in: *From a Logical Point Of View*, New York, Harvard University Press, 184 p.

## NOTAS

- 1 “Se os problemas com a teoria quântica não são “meramente filosóficos” mas, ao contrário, consistem em que a teoria seja, não profissionalmente, vaga e ambígua enquanto física, porque os livros-texto de física não mencionam isso? Muito do problema foi encoberto por uma escolha equivocada da terminologia. Uma réplica padrão que podemos escutar é essa: A mecânica quântica como teoria física é perfeitamente precisa (afinal, tem sido utilizada para fazer previsões tremendamente precisas!), mas o problema da interpretação da teoria é discutível. E, podemos também ouvir, interpretação é um problema filosófico ao invés de físico. Os físicos podem renunciar ao desejo de atingir qualquer interpretação e apenas trabalhar com a teoria. Uma interpretação, seja ela qual for, deve ser apenas um luxo não essencial, como os assentos aquecidos em um carro: faz voce se sentir mais confortável, mas não possui qualquer função prática em levá-lo daqui para lá.”(MAUDLIN, 2019, p.4)