

O ANTI-REALISMO NA FILOSOFIA DA FÍSICA DE WERNER HEISENBERG: DA POTENTIA ARISTOTÉLICA AO FORMALISMO PURO

Vinicius Carvalho da Silva¹

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

 <https://orcid.org/0000-0002-1061-2727>

RESUMO:

Qual a Filosofia da Natureza que podemos inferir da Física Contemporânea? Para Werner Karl Heisenberg, prêmio Nobel de Física de 1932, a ontologia da Ciência Moderna, estruturada no materialismo, no mecanicismo e no determinismo já não pode servir de fundamento para a nova Física. Esta requer uma nova base ontológica, onde o anti-realismo, seguido de um formalismo puro, aparece como o princípio basilar de uma nova Filosofia Natural.

PALAVRAS - CHAVE: Ciência Moderna; Física Contemporânea; Filosofia Natural.

THE ANTI-REALISM IN PHILOSOPHY OF PHYSICS OF WERNER HEISENBERG: OF ARISTOTLE POTENTIA TO PURE FORMALISM

ABSTRACT:

What is the Philosophy of Nature that we can infer from the Contemporary Physics? For Werner Karl Heisenberg, Nobel Prize in Physics in 1932, the ontology of modern science, based on materialism, mechanism and determinism may no longer be the basis for the new physics. This requires a new ontology-based, where anti-realism, followed by a pure formalism, appears as the basic principle of a new Philosophy of Nature.

KEY WORDS: Modern Science; Contemporary Physics; Philosophy of Nature.

¹ Mestrando em Filosofia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro – Brasil. Bolsista CAPES. Membro do *International Masterclasses for High School Students*, um projeto CERN, *European Organization for Nuclear Research*, CalTech, *California Institute of Technology* e *Technische Universität Dresden*, no DFNAE, Departamento de Física Nuclear e Altas Energias da UERJ. É professor de Filosofia e Sociologia do Centro de Ensino de Itaipava, e do Colégio Fênix, ambos em Petrópolis-RJ. E-mail: viniciusfilo@yahoo.com.br

Heisenberg e Aristóteles: Os objetos quânticos como potências elementares da natureza.

Em Física e Filosofia, Heisenberg pergunta: Pode a Linguagem descrever a Natureza? Podem modelos matemáticos, baseados nos conceitos do entendimento humano, de nossa linguagem, nos esclarecer quanto aos processos subatômicos? No mundo do átomo acontecem fenômenos tão estranhos, incomuns e misteriosos, que parecem não poder ser descritos pelos conceitos que dispomos em todos os nossos idiomas, fenômenos que necessitam de novas palavras, novas ideias, novos paradigmas para serem comunicados (ou, de novas experimentações conceituais, novos usos, novos significados lógico-semânticos). Um exemplo é o salto quântico. Todo objeto que existe, no nosso entendimento, ocupa um lugar qualquer no espaço-tempo, de modo que não conseguimos pensar, e, portanto não conseguimos falar de um corpo que realmente exista, mas que não possa ser encontrado em nenhum lugar e em momento algum. Para a Linguagem que governa nosso entendimento, aquilo que não está em nenhuma parte, simplesmente não existe. Mas o elétron se transfere de uma órbita atômica para outra, segundo Bohr, sem jamais estar “entre” ambas. Durante a transferência entre as órbitas o elétron existe aonde? O elétron, entre as duas órbitas, deixa de ser tão real quanto um objeto singular (que tem existência física objetiva) e se torna tão real quanto um conceito (que pode ter existência proposicional, lógico-semântica, sem que haja objetos singulares factuais que lhe corresponda)? O verbo ser se aplica ao elétron durante o salto quântico? Mas, se o “ser” dos objetos físicos é “ser no espaço-tempo”, e se durante o salto quântico o elétron não está em espaço algum, se durante o salto quântico, o tempo do elétron é tempo nenhum, então, onde está, ou, o que é, o “ser” do elétron, neste caso? Se existir fora do espaço-tempo é impensável, poderá ser dito? Que espécie de enunciado pode descrever este processo? Por exemplo, se dissermos: “Durante o salto quântico o elétron “é” um objeto fora do espaço-tempo”, logo nos lembramos que este “é” refere-se ao “ser” do elétron, e que ser, neste caso, é estatuto de tudo que existe no espaço-tempo, não havendo “fora” dele. Sendo assim, esse enunciado é vazio.

Podemos ir por outro caminho se dissermos: “Durante o salto, o elétron, que ‘é’, deixa de ‘ser’ ao sair da órbita A e volta a ‘ser’ quando aparece na órbita B”. Parece que resolvemos a questão. Temos um enunciado engenhoso. Mas logo somos tomados por nova vertigem, pois deslocamos o problema da Linguagem para a Ontologia. Se a frase que elaboramos é clara, o processo descrito não o é. Como um objeto oscila assim entre o ser e o não ser? Como podemos aplicar-lhe um verbo, que num piscar de olhos já não lhe diz respeito, para logo em seguida voltarmos a colar o verbo sobre o ente, e transformarmos o virtual em real? O elétron não é um sentimento para que “seja” sem materialidade. Ou o elétron (1) não existe (o que é falso, caso contrário não existiria mundo físico), ou (2) existe por um lapso de tempo despido completamente de todas as propriedades das coisas físicas existentes. Se por esse lapso de tempo, não podemos negar que o elétron “seja”, mesmo que este “ser” seja um ser desprovido de tudo aquilo que é característica dos objetos físicos que

“são”, então, talvez esse não seja um problema para a Linguagem, e sim, e somente, para a Física e a Filosofia. Entretanto, a atividade da Física e da Filosofia é uma atividade do pensamento, e pensamos pelo logos, ou seja, pensamos na linguagem, pela linguagem e com linguagem. Pensar é falar, dialogar, significar internamente, então, mesmo que o problema do salto quântico esteja resolvido quanto à possibilidade de expressá-lo por meio da linguagem, a problemática permanece sendo absurdamente inquietante e sutil, porque mesmo expressado, a expressão permanece sem sentido, o enunciado permanece absurdo.

Em "Física e Filosofia", Heisenberg recorre ao conceito aristotélico de potencia para lançar luz sobre a questão da tensão entre os conceitos clássicos e a natureza quântica. O conceito de potencia é basilar na história do pensamento ocidental:

O conceito de potência tem, na filosofia ocidental, uma longa história e, pelo menos a partir de Aristóteles, ocupa um lugar central dentro dela. Aristóteles opõe - e, ao mesmo tempo, vincula - a potência (*dynamis*) ao ato (*energeia*) e essa oposição, que atravessa tanto a sua metafísica quanto a sua física, foi transmitida por ele como hereditariedade primeiro à filosofia e depois à ciência medieval e moderna. (AGANBEM, 2006).

Para Aristóteles algo poderia existir enquanto ato, ou potência. Uma semente, por exemplo, é ato enquanto semente, mas é árvore enquanto potencia. O ato, portanto, é a existência concreta, a concordância ontológica daquilo que é como de fato é, e a potência é também uma existência tão real quanto o ato, mas é existência daquilo que está presente no ato enquanto suas possibilidades. Ou seja, a existência da árvore, na semente é uma existência real, porque a árvore é uma potência real da semente, um desdobramento natural da mesma, seu fim, sua consequência. A árvore já está “contida” na semente, e, portanto não existe enquanto ato, mas é real, na medida em que existe enquanto potencia. Analogamente, os objetos quânticos, mesmo que não possam ser medidos e localizados, mesmo que pareçam não existir concretamente, são reais porque existem enquanto possibilidades, probabilidades, potências elementares da natureza. Assim, durante o salto quântico o elétron existe enquanto possibilidade de ser, potencia de vir a ser.

Na teoria quântica, analogamente, todos os conceitos clássicos - quando aplicados ao átomo - encontram-se tão bem ou tão mal definidos como o de “temperatura de um átomo”: eles estão correlacionados com certas expectativas estatísticas acerca das propriedades atômicas; somente à instâncias raras, a expectativa, isto é, a probabilidade correspondente, equivalerá à certeza. E, de novo, como no caso da termodinâmica estatística clássica, é difícil considerar-se essa expectativa como algo objetivo. Talvez se possa chamá-la de tendência ou possibilidade objetiva, uma potencialidade, a potencia no sentido da física aristotélica. De fato, eu pessoalmente acredito que a linguagem que os físicos utilizam, ao falar sobre fenômenos atômicos, sugere em suas mentes algo semelhante ao conceito de potencia. E os físicos, assim, foram gradualmente se

habitando a falar, por exemplo, de órbitas eletrônicas, não como uma realidade, mas sim como uma potencia. (HEISENBERG, 2006).

Respondendo as questões levantadas no início e ao longo do texto, a ideia de Heisenberg parece ser a de que existem dois modos de realidade. A realidade enquanto coisa objetiva, que pode ser mensurada, e a realidade enquanto potencia, que pode apenas ser pensada abstratamente e instrumentalizada pelo mais profundo formalismo matemático da física quântica. Os objetos quânticos, ao contrário dos clássicos, são potências neste sentido. Podemos afirmar que existem, mas existem neste modo: enquanto possibilidades objetivas e não como objetos ou eventos mensuráveis, que duram determinado tempo em alguma parte do espaço.

O físico John Bell toma caminho que parece coadunar com Heisenberg. Para Bell, não se trata de um problema de linguagem, trata-se de uma questão de Lógica e Ontologia, ou seja, o problema está em pensar “Universo” e “espaço-tempo” como dois conceitos relacionados pela lei de identidade $A=A$. Se esta relação fosse o caso, e se o elétron não se encontra no espaço-tempo, logo não se encontra no universo, e como o universo é tudo que existe, logo o elétron não existe durante o salto quântico. Como universo é tudo que existe, ao identificar “universo” com “espaço-tempo”, chegamos ao absurdo de formularmos, ou que alguma coisa existe fora daquilo que contém todas as coisas, ou que algo desaparece da existência, e a ela retorna, vindo de lugar algum e indo para um nada absoluto. Bell elaborou um teorema para elucidar a questão, segundo o qual, os sinais não-locais e os saltos quânticos só são paradoxais se aceitarmos que a única realidade possível é o espaço-tempo descrito pela teoria relativística, contudo, se introduzirmos uma Realidade não-local, o paradoxo desmorona. Isto equivale a alargar nosso conceito de “universo” não aceitando a identidade $A=A$ entre “universo” e “espaço-tempo”. Penso que é o caso de dizermos que “Todo o espaço-tempo (S) é Universo (P)”. Dizermos que todo S é P, é inserirmos S no universo de P, ou seja, é tomarmos S como elemento do conjunto P. “Todo S é P”, neste sentido, implica que “Algum P é S”. Alguma parte do universo é espaço-tempo, ou, o espaço-tempo corresponde a alguma quantidade dos elementos do conjunto “universo”, mas não a totalidade de elementos. Durante o salto quântico, os elétrons (X) não existem em S, mas permanecem como entes, ou elementos, de P.

Segundo Bell, as partículas correlacionadas estão ligadas por elos não-locais, ou seja, estão vinculadas para além do espaço-tempo, é por isso que interações quânticas instantâneas são possíveis, e que os saltos quânticos ocorrem. Um enunciado “belliano” para o salto quântico seria: “Durante o salto quântico o elétron existe (X é P) em outro nível de realidade que transcende os limites físicos do espaço-tempo”.

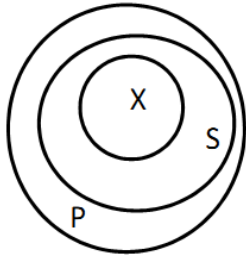


Diagrama de Euler representando as relações entre P, S e X entre os saltos quânticos, onde P é Universo, S é espaço-tempo e X é "elétrons".

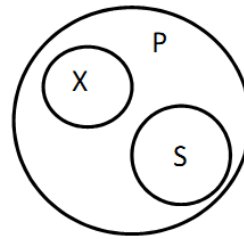


Diagrama de Euler representando as relações entre P, S e X durante um salto quântico, onde P é Universo, S é espaço-tempo e X é "elétrons".

O enunciado $X \text{ é } P \text{ em } S_q$, ou seja, "Durante o salto quântico o elétron (X) existe (é) em um nível "belliano" de realidade contido pelo universo (P) fora do espaço-tempo (S)", pode ser aplicado sem contradição lógica. Se antes a situação era tão embaraçosa que postulávamos precisar de duas linguagens para uma realidade, agora com uma única linguagem explicamos duas realidades. Mas não estaremos fazendo uma concessão muito grande em termos de Física, só para nos livrarmos de embaraços em termos da lógica semântica dos enunciados. A interpretação de Bell coaduna com a de Heisenberg. Pensamos que é o caso que o "nível das possibilidades" em Heisenberg, onde os elétrons existem enquanto potenciais, e o nível de realidade não espaço-temporal postulado por Bell, apontam para uma mesma realidade quântica ainda desconhecida.

Na conferência internacional de física, publicada em livro junto com as conferências de Abdus Salam e Paul M Dirac, Heisenberg palestrou sobre a história da física contemporânea, seus métodos, suas expectativas e sua filosofia. Novamente, nos narra sobre a relação entre Linguagem e Realidade. Obviamente, é pelo Logos, pela linguagem, que outorgamos significado ao mundo, e que, portanto, um mundo racional, e racionável, emerge. Não entremos em extensas reflexões sobre os processos cognitivo, cultural e histórico, de formação dos conceitos, mas ressaltemos, contudo, que toda a nossa experiência sensorial, todo o nosso senso comum, nos leva a ver o mundo de um modo que não corresponde à natureza da realidade em escalas subatômicas. A tese de Heisenberg é bem clara e simples: os conceitos não foram desenvolvidos para descrever a natureza em escalas quânticas, porque nunca, em todos os milhares de anos da história da humanidade, isso havia sido necessário ou possível. Sendo assim, segundo o autor, nossos conceitos são úteis na descrição dos fenômenos pesquisados pela física clássica, mas são insuficientes para descrever fenômenos completamente estranhos à experiência sensorial humana, à vida cotidiana, ao senso comum.

Neste sentido, Heisenberg foi predominantemente influenciado por outro fundador da mecânica quântica, o físico dinamarquês Niels Bohr. Para Bohr, a linguagem bem sucedida na descrição da representação da realidade pela ciência moderna, estava tão alicerçada em estruturas de pensamento que haviam sido desenvolvidas por uma experiência humana que nunca, outrora, havia experimentado os estranhíssimos fenômenos quânticos, que a natureza dos mesmos estava para além do que tais estruturas poderiam abarcar. Enfim, a linguagem que tão bem

fundamentava a física clássica, era limitada e imprecisa para descrever a física quântica, mas ainda assim, deveria ser utilizada, pois afinal, é a única linguagem que temos.

Enfim, parece sensato afirmarmos que a proposição de Heisenberg de que os objetos e eventos subatômicos devem ser encarados não como “coisas” que existem objetivamente, mas como potências (tendência ou possibilidade objetiva, uma potencialidade, a potência no sentido da física aristotélica) equivale ao enunciado “belliano” de que o elétron, durante o salto quântico, existe em outro nível de realidade, que não a tessitura espaço-temporal. Este outro nível de realidade meta-física, para além da física do espaço-tempo, é um nível de potências, poderíamos dizer. Com isto, estamos a conceber uma nova estrutura ontológica onde tanto o “nível de potências” e o “espaço-tempo” são elementos do “conjunto universo”. No espaço-tempo, X existe se e somente se existir uma “coisa” ou evento, no mundo físico, de modo objetivo, com a qual X esteja em relação de identidade $A=A$. Cada ente que existe no espaço-tempo, deve objetivamente (isto é, deve ser passível de alguma mensuração direta ou indireta) durar uma determinada quantidade de tempo em alguma coordenada estatisticamente dedutível de espaço. Já no “nível de potências” um ente não possui existência objetiva alguma, existindo como uma possibilidade de vir a ser, uma potência no sentido aristotélico. No espaço-tempo os entes são “atos”, fora do espaço-tempo, no sentido “belliano”, os entes são potências, como propôs Heisenberg.

Heisenberg e Schrödinger: superação do materialismo e ontologia do formal

Embora tenha se posicionado ao lado de Einstein, numa interpretação não anti-realista da física de seu tempo, indo contra as posições técnicas e algumas das interpretações filosóficas de Bohr e Heisenberg, inúmeras vezes, Erwin Schrödinger também questionou a antiga imagem da Physis, questionou se as concepções antigas de matéria e realidade ainda faziam sentido no escopo ontológico e epistemológico da física contemporânea. É tal questionamento que se fez no capítulo Os Atomistas de *A Natureza e os Gregos*:

(...) O atomismo tem se mostrado ser infinitamente fértil. Contudo, quanto mais se pensa nele, mais temos que nos perguntar até que ponto é uma teoria verdadeira. Será que se alicerça exclusivamente sobre a estrutura objetiva e efetiva do “mundo real à nossa volta?” Será que não é, de alguma forma significativa, condicionado pela natureza da compreensão humana – que Kant designou por “a priori”? (SCHRÖDINGER, 1996)

Em *A nossa imagem da matéria* conferência publicada no Brasil na coleção Problemas da Física Moderna Schrödinger é claro em sua posição “(...) essa imagem da realidade material é hoje mais vaga e incerta do que foi por muito tempo”. O que é, então, afinal, a matéria, para a física contemporânea? Permanece como o fundamento da realidade, com existência objetiva? É formada por partículas indestrutíveis, sólidas, se constitui como a substância que compõe todas as coisas?

Para Schrödinger, a matéria perde o status ontológico de fundamento do real, passando a ser considerada como mais uma consequência das leis da natureza. Essa visão aproxima-se imensamente das visões de Heisenberg e Einstein. Seria, portanto, o elo filosófico que uniria estes autores em uma interpretação comum da natureza da matéria: Já não se pode dizer que todas as coisas são feitas de matéria, como aventavam os materialistas radicais, uma vez que a própria matéria revela-se como o produto de um nível de realidade mais profundo, puramente formal. No mesmo texto acima citado Schrödinger expressa esta idéia da seguinte forma:

O que são de fato essas partículas, esses átomos, essas moléculas? (...) Eles podem talvez no máximo ser pensados como criações mais ou menos temporárias dentro do campo de ondas, cuja estrutura e variedade estrutural, no sentido mais amplo do termo, são agudamente determinados por meio das leis de onda na medida em que reaparecem sempre do mesmo modo, que devem ocorrer como se fossem uma realidade material permanente. (SCHRÖDINGER, 2000).

Neste ponto a Filosofia da Física de Schrödinger parece fundir-se ao idealismo matemático, ou “idealismo formal” de Heisenberg. A idéia básica é que a matéria é apenas um modo transitório e contingente da realidade. O fundamento do real é pura forma, e não pura substância. O cerne ontológico da realidade é o complexo de leis da natureza, o complexo nomológico do Kosmos. Schrödinger desenvolve sua concepção de modo mais elaborado em *Ciência e Humanismo*, nos tópicos *Uma mudança radical nas nossas noções de matéria e Forma e não substância, o conceito fundamental*. Neste ponto de sua obra, Schrödinger primeiro parece esboçar um tipo de idealismo, depois discorre sobre o abandono da perspectiva materialista. Quanto ao possível idealismo, não muito pode ser dito, uma vez que o esboço de tal programa se reduz a poucas frases:

Existe o problema da matéria. O que é a matéria? Como que devemos visualizar a matéria na nossa mente? A primeira forma da questão é um pouco absurda. (Como é que poderíamos dizer o que a matéria é – ou, caso se chegue a isso, o que a eletricidade é – sendo ambos fenômenos que só a nós dizem respeito?) A segunda forma já revela toda uma mudança de atitude: a matéria é uma imagem na nossa mente – a mente portanto, é anterior à matéria (apesar da estranha dependência empírica dos meus processos mentais sobre os dados físicos de uma certa porção de matéria, i.e. o meu cérebro). (SCHRÖDINGER, 1996).

O que fica claro neste trecho? Parece a assunção idealista por parte do autor. Se a matéria é uma imagem em nossa mente, então a mente é anterior à matéria. O problema está em admitir a dependência mental, dos dados imediatos da consciência. Schrödinger parece coadunar com a tese dos empiristas, como Hume e Locke, endossando que os processos físicos de certa forma dependem das impressões de nossas experiências empíricas sobre nossa matéria cerebral. Dado a problemática que se apresenta a partir da analítica do texto, ficamos sem saber se o autor assume ou ironiza a tese de que a mente é anterior à matéria posto que a matéria é uma

imagem em nossa mente. Caso esteja assumindo esta posição, então parece contradizer-se, esboçando certo empirismo, pois uma vez que os processos mentais dependem dos processos eletroquímicos neurológicos da matéria cerebral, parecemos, a matéria é que se revelará anterior à mente. A aparente aporia dissolve-se quando pensamos na possibilidade de encararmos Mente e Matéria como uma hierarquia entrelaçada, formando um circuito em que cada um dos sistemas influi sobre o outro. A matéria é uma imagem na minha mente enquanto minha “elaboração do mundo material”, elaboração que somente foi possível graças ao intercâmbio fisiológico de dados entre (i) o mundo externo e (ii) a minha mente. A proposição é de que “o mundo é uma imagem em minha mente”, de que o mundo é o meu mundo, sem, contudo, negar a existência de um mundo externo, do qual sou apenas mais um elemento.

Em sua interpretação da “matéria em si”, Schrödinger é muito mais claro e incisivo do que o foi sobre a relação entre mente e matéria, poupando-nos trabalho analítico. Vejamos suas palavras em Uma mudança radical nas nossas noções de matéria:

Durante a segunda metade do século XIX a matéria parecia ser algo de permanente a que nos podíamos agarrar. Existia um pedaço de matéria que nunca tinha sido criado (tanto quanto cada físico sabia) e que nunca podia ser destruído! Podia-se pegar nele e sentir que não fugiria entre os dedos. (...) De momento, pretendendo apenas explicar a mudança radical que ocorreu no decurso do último meio século. (...) Acreditávamos que estávamos a movimentar ainda no quadro da antiga estrutura “materialista” das idéias, quando afinal já a tínhamos abandonado. As nossas concepções de matéria revelaram-se muito menos materialistas do que o eram na segunda metade do século XIX. Ainda são muito imperfeitas, muito confusas, falta-lhes clareza relativamente a vários aspectos. Mas pode-se afirmar que a matéria deixou de ser a coisa simples, palpável e vulgar no espaço que se pode seguir enquanto se movimentam – cada um de seus pedacinhos – e que deixaram de se poder verificar as leis precisas que determinam o seu movimento. (SCHRÖDINGER, 1996).

O ponto crucial deste trecho é sua proposição negativa acerca da matéria – o que a matéria não é: palpável, eterna, indestrutível, fundamental. Todavia, surge logo a questão perturbadora, o que é, então, a matéria? Se a matéria não é fundamental, como pensavam os materialistas, o que o é? Schrödinger encarrega-se de responder, no tópico Forma e não substância, o conceito fundamental de Ciência e Humanismo:

Vamos agora regressar às nossas partículas elementares e às pequenas organizações das partículas como átomos ou pequenas moléculas. A velha idéia acerca delas era que a sua individualidade se baseava na identidade da matéria contida nelas. Isto parece ser uma adição sem fundamento e quase mística, que representa um contraste marcado com o que acabávamos de descobrir que constitui a individualidade dos corpos macroscópicos, bastante independente dessa hipótese materialista grosseira e não necessitando de seu apoio. A noção inovadora é que

aquilo que é permanente nestas partículas elementares ou pequenos conjuntos é a sua forma e organização. O hábito da linguagem do dia a dia engana-nos e parece invocar, sempre que ouvimos pronunciar a palavra “configuração” ou “forma”, a configuração ou a forma de algo, parece significar que é necessário existir um substrato material para assumir uma forma. Cientificamente este hábito remonta a Aristóteles, às suas causas *materialis* e *formalis*. Mas quando se trata das partículas elementares constituintes da matéria, parece que não faz sentido pensar nelas novamente como consistindo de algo material. Elas são, por assim dizer, forma pura, nada mais senão forma. O que surge uma e outra vez em observações sucessivas é esta forma, não uma quantidade ínfima e individual do material (SCHRÖDINGER, 1996).

Por mais que possam divergir em outros pontos, de caráter técnico e filosófico, Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger, o criador da mecânica ondulatória, e Werner Karl Heisenberg, o criador da mecânica matricial, concordam neste ponto de suma importância: a desconstrução da ontologia materialista e o nascimento de uma ontologia do formalismo puro como fundamento da *Physis* na física contemporânea. Assim como as mecânicas ondulatória e matricial são elaboradas em bases diferentes, mas equivalem-se matematicamente, a ontologia do formal de ambos, embora desenvolvida de modo original por cada qual, são, no fundo, filosoficamente equivalentes. Não estão sozinhos, entretanto. A queda de status do conceito de matéria na física contemporânea parece ser inevitável, qualquer que seja o terreno pelo qual a nova física avança. Se Schrödinger e Heisenberg desqualificaram o materialismo a partir da visão da natureza que lhes proporcionara a mecânica quântica, outros foram obrigados a seguir o mesmo caminho quando defrontados com os resultados da física relativística. É o caso do próprio Einstein. Também para Einstein, dado o desenvolvimento da ciência de sua época, já não havia espaço para que a matéria fosse considerada o fundamento da realidade, concordando que tal conceito desempenhou papel fundamental na mecânica clássica. Em *A mecânica de Newton e sua influência sobre a formação da Física Teórica*, Einstein salientou que:

A importância dos trabalhos de Newton consiste principalmente na criação e na organização de uma base utilizável, lógica e satisfatória para a mecânica propriamente dita (...). Assim, pois, este sistema teórico em sua estrutura fundamental se apresenta como atômico mecânico. Portanto todos os fenômenos têm de ser concebidos do ponto de vista mecânico, quer dizer, simples movimentos de pontos materiais submetidos à lei do movimento de Newton (EINSTEIN. 1981. p 186- 194).

Mas o paradigma newtoniano não sobreviveu ao desenvolvimento da física relativística. No artigo *Sobre a teoria geral da gravitação* publicado pela *Scientific American*, Albert Einstein destacou que, na relatividade, a matéria aparece como um caso especial do espaço-tempo, um “acidente topológico” da geometria curva do real:

Uma vez que a teoria da relatividade geral acarreta a representação da realidade física por um campo contínuo, o conceito de partículas ou pontos materiais não pode desempenhar um papel fundamental, tampouco o conceito de movimento. A partícula pode aparecer apenas como uma região limitada no espaço em que a força do campo ou a densidade da energia são particularmente altas (EINSTEIN, 2010).

É relevante que a relatividade desenvolvida, sobretudo por Einstein, é marcada, em seus primórdios, por essa nova tendência científica: a consideração da experimentação como sendo importante e necessária, mas secundária, e a assunção do pensamento puro, que se utiliza da matemática e da lógica, como os instrumentos, por excelência, da *práxis* científica. Para Einstein a experimentação está limitada por determinados limites físicos que tão somente a razão pode transcender. A teoria já não está mais subordinada à experimentação, pois determinados fenômenos e escalas da natureza não podem ser observadas. A única abordagem científica nestes casos, é a matemática, como ocorre no caso das relações de incerteza, nos quais a trajetória de um elétron não pode ser observada, somente calculada probabilisticamente. Este “novo racionalismo” de Einstein é expresso nas suas palavras:

Naturalmente a experiência se impõe como único critério de utilização de uma construção matemática para a física. Mas o princípio fundamentalmente criador está na Matemática. Por conseguinte, em certo sentido, considero verdadeiro e possível que o pensamento puro apreenda a realidade, como os Antigos o reconheciam com veneração. EINSTEIN, A. 1981, p 150-151

Não é o caso que o conceito de matéria é epistemologicamente irrelevante para teoria, posto que não seja uma teoria acerca da matéria. A questão é mais forte, parece-nos. O que nos ocorre é que o conceito de matéria não é ontologicamente fundamental para a compreensão do real. Não é fundamental porque, na teoria geral da relatividade, a realidade física é compreendida geometricamente, decorrendo os fenômenos ditos materiais apenas como produtos contingentes da topologia do espaço-tempo. Não é necessário, por exemplo, recorrermos a noções de corpos ou objetos. Corpos não são objetos materiais, mas eventos na “trama”, concentrações de energia em regiões específicas do tecido tetra-dimensional. Ou seja, podemos inferir o mundo, com toda a sua diversidade de formas e coisas, a partir de um espaço-tempo formado por uma geometria curva, um meio de energia que se distribui pela configuração topológica do tecido cósmico. Dada a topologia espacial, um acidente geométrico (uma “dobra” do tecido) representa uma concentração de energia, e posto que $e=mc^2$, a matéria surge como um caso limite do mundo, uma condição especial, digamos, um produto contingente da geometria do espaço-tempo. O mundo, entretanto, é pura forma. Tanto para Schrödinger, quanto para Heisenberg e Einstein, pura forma.

Werner Heisenberg, enfim, propôs como Filosofia da Natureza uma nova interpretação ontológica do mundo físico, na qual o materialismo é compreendido como modelo de realidade incompleto e paradoxal. Para Heisenberg, ao nos

aprofundarmos no mundo das partículas elementares, percebemos que mais abstrata a natureza se torna, de modo que aquilo que chamamos de matéria, que acreditávamos sólido, concreto, objetivo, revela-se como sendo um ente potencial, uma *potentia* aristotélica. Entretanto não se trata da *potentia* de uma matéria, assim como a árvore é uma *potentia* da matéria semente. Mas de uma *potentia* formal do mundo, uma *potentia* da estrutura formal da natureza subatômica, assim como “ser bela”, “ser grande”, ou “ser azul” é uma *potentia* da forma “casa”, independente do material que utilizaremos em sua construção. Uma casa é uma casa não por ser de madeira ou pedra, mas porque um conjunto formal de determinadas relações é satisfeito.

A grande renovação de Heisenberg para a interpretação filosófica da natureza no escopo da física do século XX parece residir no fato de que ele aventa dois modos de realidade para os objetos físicos. Ou eles possuem existência objetiva, são entes objetivos, são “atos”, – o caso dos objetos descritos pela física clássica, ou possuem existência potencial, são possibilidades objetivas, *potentias*, – caso dos objetos descritos pela física quântica.

Sendo assim, Heisenberg foi buscar em Aristóteles o instrumental teórico necessário para resolver os inapeláveis imbróglis de interpretação presentes na ciência subatômica de sua época. Na teoria aristotélica dos “atos e *potências*”, Heisenberg encontrou um “lugar” para os objetos quânticos, desenvolvendo o pensamento de que “a linguagem que os físicos utilizam, ao falar sobre fenômenos atômicos, sugere em suas mentes algo semelhante ao conceito de *potentia*”. Para Heisenberg, pensar o mundo quântico como um emaranhado de *potentias* aristotélicas foi o primeiro passo para desenvolver uma ontologia puramente formal. Seu pensamento parece ser, portanto, de que uma *potentia*, neste sentido, não pode ser mensurada empiricamente, estando para além das possibilidades tecnológicas de observação. Deste modo, as *potentias* quânticas são estruturas, ou eventos, puramente abstratos, passíveis de abordagem, tão somente, pelas vias formais do pensamento.

Referências bibliográficas

- ABBAGNANO, N. *Nomes e temas da filosofia contemporânea*. Lisboa: Pub. Dom Quixote, 1990.
- AGANBEM, G. V. “A *potência* do pensamento”. *Revista do Departamento de Psicologia*. UFF vol.18 no.1 Niterói. Jan./June 2006.
- ALVES, R. *Filosofia da ciência*. São Paulo: Brasiliense, 1981.
- BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. Trad. Juvenal Hahne Jr., Lisboa: Edições 70, 1996.
- BOHM, D; PEAT, D. *Ciência, ordem e criatividade*. Lisboa: Gradiva, 1989.
- BOHR, N. *Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957*. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.
- CARUSO, F & OGURI, V. *Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006.

- DAVIES, P. *O enigma do tempo*. Trad. Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Ediouro, 2000.
- EINSTEIN, A. *Como eu vejo o mundo*. Trad. H. P. de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.
- FEYNMAN, R.P. *O que é uma Lei Física?*. Lisboa: Gradiva, 1989.
- GOSWAMI, A. *O universo autoconsciente*. Rio de Janeiro: Aleph, 2006.
- HAWKING, S. *Uma nova história do tempo*. Trad. Vera de Paula Assis. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.
- _____. *O universo numa casca de noz*. Trad. Ivo Korytowski. São Paulo: Arx, 2001.
- HEISENBERG, W. *A parte e o todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- _____. *Física e filosofia*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1981.
- _____. *A ordenação da realidade: 1942*. Tradução de Marco Antônio Casanova. Rio de Janeiro: Forense Universitária. 2009.
- KAKU, M. *Hiperespaço*. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.
- KUHN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987.
- OMNÈS, R. *Filosofia da ciência contemporânea*. Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- PRIGOGINE, I; STENGERS, I. *A nova aliança*. Lisboa: Gradiva, 1989.
- POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica*. Trad. Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Costa; São Paulo: Cultrix, 2004.
- _____. *Conjecturas e refutações*. Coimbra: Almedina, 2000.
- _____. *Pós-escritos à lógica da descoberta científica*. Vol 3. A Teoria Quântica e o Cisma na Física. Lisboa: Dom Quixote, 1992.
- QUINE, W. *Realidade ontológica e outros ensaios*. São Paulo: Abril Cultural, 1985.
- RUSSEL, B. *Ensaio céticos*. Trad. Wilson Velloso. Rio de Janeiro: Editora Opera Mundi, 1970.
- SCHRÖDINGER, E. *O que é a vida? Espírito e matéria*. trad. M. L. Pinheiro. Lisboa: Fragmentos, 1989.
- _____. *A Natureza e os gregos seguido de ciência e Humanismo*. Lisboa: Edições 70, 2003.