



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

Wheeler e a Informação.

Neste verbete, vamos examinar a proposta do físico norte-americano John Archibald Wheeler (1911-2008) - **Everything Is Information** (“Tudo é Informação”) – que se relaciona, basicamente, com o problema da **medida** em Mecânica Quântica, apresentada em seu livro de memórias, escrito com a colaboração do físico norte-americano Kenneth William Ford (n. 1926) e intitulado **Geons, Black Hole and Quantum Foam: a Life in Physics** (W. W. Norton and Company Ltd., 1998). Conforme vimos em verbetes desta série, depois que o físico austríaco Erwin Schrödinger (PNF, 1933) propôs sua célebre **Equação de Schrödinger**, traduzida pela expressão: $i\hbar \partial\Psi/\partial t = H\Psi$, em 1926, surgiu uma questão intrigante, qual seja, a de saber o significado físico da **Função de Onda de Schrödinger** (Ψ). Apesar de Schrödinger apresentar uma interpretação para Ψ na ocasião em que formulou sua equação, a que hoje tem maior número de adeptos é a formulada pelo físico alemão Max Born (PNF, 1954), ainda em 1926: Ψ representa uma **amplitude de probabilidade**.

A essa interpretação de Born apareceu uma outra questão. Será sempre possível observar qualquer grandeza física? A resposta a essa pergunta foi dada pelo físico alemão Werner Karl Heisenberg (PNF, 1932), em 1927, por intermédio de seu famoso **Princípio da Incerteza** (PI): - *É impossível obter exatamente os valores simultâneos de duas variáveis, a não ser dentro de um limite mínimo de exatidão*. Esse princípio é traduzido pela **Relação de Incerteza de Heisenberg** (RIH), que relaciona os valores médios dos erros nas medidas de dois observáveis. O desenvolvimento posterior da Mecânica Quântica mostrou que os valores médios referidos acima são calculados por intermédio de Ψ . Em vista disso, a questão central dessa Mecânica seria a de relacionar Ψ com a medida do observável desejado. Assim, desenvolveu-se a famosa **Teoria do Colapso da Função de Onda** Ψ (TCFO). É interessante destacar que, em 1957 (*Annals of Physics-New York* **2**, p. 604), Wheeler usou a RIH para apresentar o conceito de **espuma quântica** (*quantum foam*) traduzida pela turbulência (*foaminess*) do espaço-tempo e que significa dizer que não se pode conhecer ao mesmo tempo e com infinita precisão, a geometria e o espaço-tempo.

As aplicações da RIH e da TCFO discutidas acima foram (e ainda são!) motivo de muita discussão entre os físicos, principalmente pelos paradoxos que delas decorrem (vide verbete nesta série). Com efeito, a RIH foi objeto de uma grande discussão entre os físicos, o dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962; PNF, 1922) e o germano-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921), nos **Quinto e Sexto Congressos de Solvay**, de 1927 e 1930, respectivamente. Essa discussão decorreu, basicamente, do fato de que Bohr aceitava a interpretação Borniana de Ψ , conhecida como a famosa **Interpretação de Copenhague**, e Einstein não a aceitava. Ou, dito de outra maneira, Bohr acreditava que Ψ descrevia completamente a realidade física, enquanto Einstein achava que não.

A discussão entre Bohr e Einstein foi retomada quando Einstein e os físicos, o russo Boris Podolsky (1896-1966) e o norte-americano Nathan Rosen (1909-1955) afirmaram, em 1935, o seguinte: - *Se, sem perturbar um sistema físico, for possível prever com certeza (isto é, com a probabilidade igual a um) o valor de uma quantidade física, então existe um elemento da realidade física correspondente a essa quantidade física*. Essa afirmação significa que “todo elemento da realidade física precisa ter um correspondente na teoria física”, e, portanto, ela entrava em contradição com o princípio da incerteza Heisenbergiana. Em vista disso, ela ficou conhecida como **Paradoxo de Einstein-Podolsky-Rosen** ou P-EPR. Esse paradoxo recebeu a imediata explicação de Bohr, ainda em 1935, por intermédio da TCFO e de seu **Princípio da Complementaridade**, formulado em 1927 e que,

basicamente, significa que *a descrição de todos os resultados de experiências deve ser expressa em termos clássicos.*

Esse debate Einstein-Bohr suscitou uma série de conferências no mundo todo e por muitos anos. Ele trata da questão da **medida** em Física, tema central que motivou a pesquisa de Wheeler sobre o conceito de **Informação**. Devido à importância do tema para essa nova etapa de seu trabalho científico, Wheeler e o físico Wojciech Hubert Zurek (n.1951) editaram o livro intitulado **Quantum Theory and Measurement**, publicado pela Princeton University Press, em 1983, e que reúne uma série de artigos que têm a medida quântica como a questão central. O interesse de Wheeler na controvérsia sobre os fundamentos da teoria quântica, a partir de meados da década de 1970, foi também um reflexo de mudanças mais gerais no ambiente intelectual da Física, naquela época, esses temas deixaram de ser considerados objeto de uma controvérsia filosófica, e por isso externa à Física, para serem incorporados à agenda da Física, teórica e experimental, como uma controvérsia científica [José Maria Filardo Bassalo e Olival Freire Junior, **Wheeler, Tiomno e a Física Brasileira** (*Revista Brasileira de Ensino de Física* **25**, p. 426 (2003))].

Nessa fase de pesquisas sobre a **medida** em Mecânica Quântica, Wheeler propôs, em 1978 [IN: A. R. Marlow (Editor), **Mathematical Foundations of Quantum Theory** (Academic Press)], uma “experiência de pensamento”, denominada por ele de **experimento de escolha-demorada** (*delayed-choice experiment*), com a qual ele discute o problema da **medida quântica**. Vejamos qual é ela. Segundo a Mecânica Quântica Ortodoxa, traduzida pela **Equação de Schrödinger** e pela **Interpretação de Copenhague**, a probabilidade representa um papel central. Assim, no átomo de hidrogênio (H), por exemplo, a Ψ apenas nos diz onde o elétron pode estar, e não onde ele está. Contudo, somente uma adequada experiência pode, de fato, localizar (**medir**) o elétron em um particular lugar naquele átomo. Portanto, para Wheeler, não é Ψ a essência da Mecânica Quântica, e sim a **medida**, que decorre de um **experimento de escolha-demorada**. No livro de Wheeler e Ford citado no começo deste verbete, Wheeler escreveu: - *Medida, o ato de tornar potencialidade em atualidade, é um ato de escolha, escolha entre possíveis resultados. Depois da medida, não há caminhos a serem tomados. Antes da medida, todos os caminhos são possíveis – podemos mesmo dizer que todos os caminhos são considerados de uma única vez. Por fim, Wheeler apresenta sua grande síntese: As leis da física nos dizem somente o que pode acontecer. A medida real nos diz o que está acontecendo (ou o que aconteceu). A informação é o cerne da física (grifo nosso).*



ANTERIOR

SEGUINTE