



## O PRINCÍPIO DA INCERTEZA E O FIM DAS CERTEZAS: CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA EM HEISENBERG E PRIGOGINE

MOURA, Paulo Rogério Garcez de<sup>1</sup>; SILVA, André Luís Silva da<sup>1</sup>;  
SOUZA, Diogo Onofre Gomes de<sup>2</sup>; DEL PINO, José Cláudio<sup>3</sup>.

**Palavras-Chave:** Teoria Quântica, Termodinâmica, Reflexão.

### Introdução

As possibilidades reflexivas sobre a relação da Teoria Quântica em *Heisenberg* e da Termodinâmica em *Prigogine* pode oferecer contribuições ao debate contemporâneo sobre as (in)certezas presentes no debate da natureza da ciência. O questionamento e a elaboração conceitual sobre tais temáticas poderão trazer outras abordagens à reflexão sobre o papel da ciência na contemporaneidade.

### Referencial Teórico

A ciência, etimologicamente *scientia* (saber), que os gregos designaram *επιστημη* (*epistêmê*:conhecimento) por oposição a *γνώμη* (*gnômês*:opinião), é conhecimento, é uma das modalidades privilegiadas que assume o conhecimento humano (CAPRA, 1996). Mesmo que possa parecer não crível, é preciso acentuar que não devemos pensar a ciência como pronta e acabada, mas a marca da verdadeira ciência, da ciência dos nossos dias, é a incerteza (HEISENBERG, 1980).

Antigamente a ciência nos falava de leis eternas, hoje nos fala de história do Universo ou da matéria e nos propõe sempre novos desafios que precisam ser investigados. Este é o universo das probabilidades, e não das certezas. Werner Karl Heisenberg (1901-1976), físico alemão, um dos fundadores da mecânica quântica, foi aluno de Arnold Sommerfeld e assistente de Max Born e trabalhou com Niels Bohr. Desenvolveu a mecânica matricial e contribuiu decisivamente na construção e desenvolvimento da física atômica, a partir da antiga teoria quântica de Max Planck. No ano de 1927, em Leipzig, Heisenberg enunciou o *Princípio da Incerteza ou da Indeterminação*, segundo o qual é impossível medir simultaneamente e com precisão absoluta a posição e a velocidade de uma partícula, isto é, a determinação conjunta do momento e da posição de uma partícula contém erros não menores que a *constante de Planck*. Esses erros são desprezíveis em âmbito macroscópico, porém se tornam importantes para o estudo de partículas atômicas (HERMANN,1976).

<sup>1</sup> Professor do Instituto Est. Educ. Prof. Annes Dias/9ª CRE, Doutorandos em Educação em Ciências/UFRGS - [paulomouraquim@bol.com.br](mailto:paulomouraquim@bol.com.br); [andreluis.quimica@ibest.com.br](mailto:andreluis.quimica@ibest.com.br).

<sup>2</sup> Professor Doutor em Medicina/Bioquímica/UFRGS – Professor Coordenador do PPG Educação em Ciências/UFRGS - [diogo@ufrgs.br](mailto:diogo@ufrgs.br).

<sup>3</sup> Professor Doutor em Engenharia de Biomassa/Química/UFRGS – Professor Orientador do PPG Educação em Ciências e PPG Química/ UFRGS - [delpino@yahoo.com.br](mailto:delpino@yahoo.com.br). Projeto apoiado pelo CNPQ.



O cientista recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1932, pelas suas contribuições à mecânica quântica, cuja aplicação possibilitou a descoberta das formas isotópicas do hidrogênio. Também realizou pesquisas sobre a teoria das partículas elementares, a respeito da estrutura do núcleo atômico, da hidrodinâmica das turbulências, dos raios cósmicos e do ferromagnetismo. Heisenberg contribuiu tanto para o estabelecimento da mecânica quântica quanto para a reflexão teórica por meio da produção filosófica na medida em que abordou dentre outros assuntos, a questão do método das ciências naturais, a essência da matéria e o que se refere às observações dos fenômenos da natureza. Esses escritos filosóficos tratam das questões que apontam para novas investigações no campo da física teórica e experimental (HEISENBERG, 1980).

Para Heisenberg a física quântica requeria que a percepção das partículas do microcosmo, como sendo objetos simplesmente calculáveis e existentes em si mesmos, fosse substituída pela análise do processo das suas interações recíprocas, na qual o próprio sujeito observador interfere e está implicado pela sua ação de medição e cálculo. Em decorrência, o princípio de incerteza se expressa em que um estado de movimento se identifica somente quanto à calculabilidade estatística ou da posição, ou da grandeza do movimento. Heisenberg contribuiu tanto para o estabelecimento da mecânica quântica quanto para a reflexão teórica por meio da produção filosófica na medida em que abordou dentre outros assuntos, a questão do método das ciências naturais, a essência da matéria e o que se refere às observações dos fenômenos da natureza. Esses escritos filosóficos tratam das questões que apontam para novas investigações no campo da física teórica e experimental, tais como a não exatidão científica, ou seja, a subordinação da teoria ao seu observador. O entendimento padrão da tradição científica é que o conhecimento seja inteiramente objetivo, sem papel para a interpretação histórica e humana; que tal conhecimento seja demonstrativo no sentido que os eventos reais futuros possam ser deduzidos às condições reais previamente observadas, por força da própria teoria, sem recorrer ao papel do sujeito que questiona. (EISBERG & RESNICK, 1979; GASIOROWICZ, 2007; HEISENBERG, 1990).

O mérito do trabalho científico de Ilya Prigogine foi de proporcionar melhor entendimento do papel do tempo nas ciências físicas e na biologia. Ele contribuiu de forma significativa para a compreensão dos processos irreversíveis, especialmente em sistemas de equilíbrio. Seus resultados de pesquisa sobre as estruturas dissipativas contribuíram para a compreensão dos sistemas biológicos. Ilya Prigogine nasceu em Moscou, Rússia, em 25 de janeiro de 1917 e morreu em Bruxelas em 28 de maio de 2003. Ele foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química em 1977 por suas contribuições à termodinâmica de não equilíbrio,



particularmente a *teoria das estruturas dissipativas*. Uma das muitas contribuições notáveis de Prigogine para a ciência foi à introdução da teoria da termodinâmica dos processos irreversíveis. Nos anos cinquenta, os cientistas trabalhavam com os sistemas em equilíbrio, prestando pouca ou nenhuma atenção aos fenômenos irreversíveis, então considerados essencialmente transitórios. Prigogine estudando os problemas físico-químicos atribuiu aos processos irreversíveis um papel construtivo, em contraste com a abordagem clássica, que via neles apenas decadência. O melhor entendimento sobre o uso da grandeza tempo nas ciências físicas e na biologia abriu outras perspectivas sobre os sistemas biológicos (SPIRE, 2000).

Contando com a colaboração de outros cientistas importantes, como o matemático grego Gregoire Nicolis, apresentou alguns modelos formais de processos sistêmicos, sendo o mais famoso o chamado *brussellator* (porque desenvolveu em Bruxelas). Trata-se de um sistema de equações diferenciais que descrevem a evolução de determinados sistemas complexos, como *relógios químicos* (PRIGOGINE & SCHNITMAN, 1994). A característica interessante deste modelo é que o que quer que as concentrações iniciais sejam o sistema se estabelece na mesma variação periódica de concentrações. A trajetória comum é chamada ciclo limite e o seu período depende dos valores dos coeficientes de taxa. Abordagens deste tipo têm sido de grande interesse para os cientistas se tornando mais e mais interessados em estudar os processos de emergência. Existem diferentes abordagens para a *emergência*. Um deles, chamado *emergência intrínseca*, está relacionado com o estabelecimento de reações inesperadas por meio de um modelo específico. O que é inesperado no modelo é que este é utilizado por um observador e não é decorrente de atividades experimentais. No espaço de fase é possível ver a criação de diferentes tipos de soluções, dependendo de diversos fatores, como as condições iniciais que dão origem a *atratores* e *bifurcações*. As estruturas dissipativas têm sido de grande importância no estabelecimento de uma física da matéria viva (PRIGOGINE & MORIN, 1998; PRIGOGINE, 2009).

### Considerações Finais

Há quase um século o categórico formalismo científico fora superado. Suas leis, seus conceitos, suas classificações, não podem mais ser apresentados aos alunos como verdades absolutas. Nenhum evento é independente, nenhum conhecimento é imutável. A ciência não pode ser vista como algo estanque, encerrada em si mesmo e capaz de atender as necessidades colocadas e não carregar consigo a condição de responder na totalidade as questões dadas. A ciência diferencia-se das demais áreas do conhecimento humano exatamente por sua fluidez, sua capacidade de renovação e adaptação aos novos fatos conhecidos. E isso é digno de valor:



a utilização desses fatos para construção do conhecimento, e não adaptação dos fatos. A ciência atual não permanece estática como na Renascença, mas num constante processo de ir e vir, de construir e reconstruir. Nessa busca incessante, a ciência tem como objetivo primordial tentar tornar inteligível o mundo e atingir um conhecimento sistemático do universo (KOCHE, 1982).

Nesse sentido, o fato de se afirmar que a ciência está fundamentada em sua indeterminação pode, em um primeiro momento, repercutir com estranheza, pois se entende justamente o contrário, que uma afirmação científica não pode estar equivocada. Entretanto, estar à ciência fundamentada em sua indeterminação é considerar a sua possibilidade de evolução, de aprimoramento, e de constante construção. E é nesse sentido que uma teorização científica não pode ser dogmática (HEISENBERG,1990, PRIGOGINE, 1998 ).

Das raízes históricas modernas das ciências naturais aparece a ideia de acesso à natureza, sobretudo no que se refere ao conceito moderno da experiência e quando diz que experimentar é interrogar a natureza relativamente a uma teoria propriamente estabelecida para verificar se esta é confirmada ou refutada pela experiência. Esse comportamento teórico padrão tem se mostrado insuficiente para dar sentido à história da ciência e das práticas de realização das pesquisas científicas. Também não tem respondido como teorias ideais (matemáticas) possam explicar dados empíricos, nem como tais dados justificam com algum grau de certeza as teorizações sobre o mundo real objetivo.

### Referências Bibliográficas

- CAPRA, F. **The Web of Life**. São Paulo: Editora Cultrix&Amana-Key, 1996.
- EISBERG,R. & RESNICK, R. **Física Quântica**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.
- GASIOROWICZ, Stephen. **Física Quântica**, Rio de Janeiro: Guanabara Dois Ed., 1979.
- HEISENBERG,W.A **Imagem da Natureza na Física Moderna**. Lisboa:Ed.do Brasil,1980.
- \_\_\_\_\_.**Páginas de Reflexão e Auto-retrato**. Lisboa: Gradiva Publicações, 1990
- HERMANN,A.Werner **Heisenberg:1901-1976**. Hamburg:RowohltTaschenbuch,1976.
- KOCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Vozes, 1982.
- PRIGOGINE,I **Ciência, Razão e Paixão**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2009.
- PRIGOGINE,I. & MORIN, E. **A Sociedade em Busca de Valores**. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.
- PRIGOGINE,I. & SCHNITMAN, D.F. **Nuevos Paradigmas, Cultura e Subjetividade**. Buenos Aires: Ed. Paidos, 1994.
- SPIRE, A. **O Pensamento Prigogine**. Lisboa: Instituto Piaget, 2000.