



2025 – Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas

José Carlos Teixeira de Oliveira

Departamento de Física, Universidade Federal de Roraima, Campus do Paricarana, Av. Cap. Ene Garcez, 2413, Bairro Aeroporto, 69310-000, Boa Vista-RR. E-mail: jose.oliveira@ufrr.br

Abstract

In this article, we present the decision of the United Nations, which defined 2025 as the International Year of Quantum Science and Technology. 2025 marks a century since the birth of quantum mechanics recognized as one the most successful theories in the history of physics.

Keywords: International Year; Quantum Mechanics; Quantum Science; Quantum Technology; Quantum Computer.

1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu 2025 como sendo o Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas (International Year of Quantum Science and Technology). A decisão, divulgada no dia 7 de junho de 2024, ocorreu após intensa atuação de associações de físicos e de países com o objetivo de celebrar os 100 anos do desenvolvimento da mecânica quântica [1,2].

A iniciativa conjunta de organizações como a União Internacional de Física Pura e Aplicada (International Union of Pure and Applied Physics – IUPAP), a União Internacional de Química Pura e Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC), a União Internacional de Cristalografia (International Union of

Cristallography – IUCr) e a União Internacional de História e Filosofia da Ciência e Tecnologia (International Union of History and Philosophy of Science and Technology – IUHPST), em parceria com o Conselho Executivo da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO) e um grupo de 60 países, reconhece a importância das ciências quânticas não apenas no campo teórico, mas também nas suas inúmeras aplicações tecnológicas que estão presentes na nossa vida cotidiana [1,3].

2. OS 100 ANOS DO DESENVOLVIMENTO DA MECÂNICA QUÂNTICA

Embora o desenvolvimento da mecânica quântica tenha se iniciado, em 14 de dezembro de 1900, com a apresentação de trabalho, intitulado: “Sobre a Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal”, diante da Sociedade de Física de Berlim (Alemanha), quando o físico alemão Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) postulou a quantização de energia a partir da radiação de “corpo negro” (objeto que absorve toda a radiação e, quando aquecido de modo uniforme, emite radiação térmica) [4], foi só no ano de 1925 quando o físico alemão Werner Karl Heisenberg (1901-1976) introduziu a ideia de “mecânica matricial”, que foi estabelecido o início formal da mecânica quântica, conceito desenvolvido também pelo físico e matemático alemão Max Born (1882-1970) e pelo físico teórico alemão Pascual Jordan (1902-1980).

Em 1932, Heisenberg recebeu o Nobel de Física pela “criação da mecânica quântica”. É dele também o Princípio da Incerteza (também conhecido como Princípio da Indeterminação), segundo o qual é impossível medir simultaneamente, e com precisão absoluta, a posição e o momento linear de uma partícula [1].

3. O QUE É A MECÂNICA QUÂNTICA?

A mecânica quântica é um ramo fundamental da Física que, por meio de um formalismo probabilístico, estuda os fenômenos microscópicos das dimensões dos átomos, moléculas e das partículas subatômicas, como os elétrons, prótons e nêutrons. Nessa escala, as leis da Física são completamente diferentes da mecânica clássica newtoniana. Seu principal elemento matemático é a função de onda, representada por Ψ , que descreve o estado dos sistemas quânticos. O módulo quadrado da função de onda, $|\Psi|^2$, representa a densidade de probabilidade de se encontrar determinada partícula. Com isso, a mecânica quântica passa a ser uma teoria probabilística, e não mais determinística, como no caso da mecânica clássica newtoniana. A mecânica quântica não pode prever a localização exata de uma partícula no espaço, apenas a probabilidade de encontrá-la em locais diferentes.

Diversos fenômenos da natureza só passaram a ser bem compreendidos à luz da mecânica quântica, como a estrutura dos átomos, as ligações químicas, o decaimento radioativo, a fissão e fusão nucleares, o descobrimento das partículas elementares, entre muitos outros.

Grande parte do desenvolvimento científico e tecnológico dos séculos XX e XXI se deve às descobertas realizadas por meio do formalismo probabilístico da mecânica quântica [5].

4. A MECÂNICA QUÂNTICA E SUAS INUMERAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Ao longo desses cem anos, a investigação científica, movida pela curiosidade de alguns físicos sobre como a natureza se comporta na escala atômica, acabou se transformando em uma revolução tecnológica, conhecida como Primeira Revolução Quântica (as chamadas tecnologias quânticas 1.0), dando origem a inovações cada vez mais presentes no nosso cotidiano, como os lasers (com aplicações na medicina e na comunicação), os transistores da microeletrônica, os semicondutores (que permitiram entender como os elétrons podem se propagar em diferentes materiais, sendo utilizados em aparelhos eletrônicos), o LED (usados em iluminação), os painéis solares (que convertem luz em energia elétrica), os exames médicos de ressonância magnética nuclear, os precisos relógios atômicos (que são à base do sistema de posicionamento global – GPS). Além dos dispositivos eletrônicos, incluindo os computadores e smartphones, entre outros [6,7].

Uma nova revolução tecnológica, conduzida através da mecânica quântica, está a caminho, a denominada Segunda Revolução Quântica (também chamada de tecnologias quânticas 2.0). A referida revolução tecnológica se iniciou já há algumas décadas, quando os físicos desenvolveram teorias e experimentos que lhe permitiram manipular átomos e partículas de luz individualmente. Esses avanços possibilitaram a confirmação e o controle de propriedades peculiares previstas pela mecânica quântica, como o *emaranhamento quântico* (fenômeno que ocorre quando duas ou mais partículas quânticas se tornam interdependentes de uma maneira que a medida das propriedades de uma partícula afeta instantaneamente as propriedades da outra, independentemente da distância que as separa) [8]. A engenharia precisa dessas propriedades quânticas, as quais estão permitindo o desenvolvimento de novas tecnologias: a computação, a comunicação e o sensoriamento quânticos [6].

4.1. A Computação Quântica

A computação quântica tem o potencial de realizar cálculos praticamente impossíveis para os computadores tradicionais [6].

Enquanto os computadores tradicionais dependem de bits (zeros e uns) para armazenar e processar dados, os computadores quânticos processam dados de forma diferente, usando bits quânticos (qubits) em superposição.

Um qubit pode se comportar como um bit e armazenar zero ou um, mas também pode ser uma

combinação ponderada de zero e um, ao mesmo tempo. Quando os qubits são combinados, suas superposições podem crescer exponencialmente em complexidade. Com 100 qubits, o leque de possibilidades é astronômico [9].

Em geral, os qubits são criados por meio da manipulação e medição de sistemas que apresentam comportamento quântico, como circuitos supercondutores, fôtons, elétrons, íons aprisionados e átomos [9].

Muitos pesquisadores preveem que, em mais alguns anos, os computadores quânticos serão capazes de simular o comportamento da matéria em escala atômica e molecular, com uma precisão sem precedentes, o que pode abrir caminho para a descoberta de novos fármacos, fertilizantes e materiais mais eficientes para a conversão de energia solar. Além disso, esses novos computadores poderão resolver problemas em áreas diversas, como finanças, agricultura, logística e segurança cibernética [6,7].

4.2. A Comunicação Quântica

A ameaça representada por ataques cibernéticos, através dos hackers, está forçando governos, forças armadas e empresas a explorarem maneiras mais seguras de transmitir informações. Hoje, os dados confidenciais são normalmente criptografados e, em seguida, enviados por cabos de fibra óptica e outros canais junto com as “chaves” digitais necessárias para decodificar as informações. Os dados e as chaves são enviados como bits clássicos (um fluxo de pulsos elétricos ou ópticos representando 1 e 0). E isso os torna vulneráveis. Hackers inteligentes podem ler e copiar bits em trânsito sem deixar rastros [10].

A comunicação quântica tira proveito das leis da física quântica para proteger os dados. Essas leis permitem que as partículas, normalmente fôtons de luz que transmitem dados ao longo de cabos ópticos, assumam um estado de superposição, os chamados bits quânticos ou qubits [10].

A beleza dos qubits, de uma perspectiva de segurança cibernética, é que se um hacker tenta espioná-los, enquanto estão em trânsito, seus estados quânticos superfrágeis “colapsam” para 1 ou 0. Isso significa que um hacker não pode mexer nos qubits sem deixar para trás um sinal revelador de sua atividade [10].

A comunicação quântica promete conectar os computadores quânticos, formando uma futura internet quântica. Além disso, essa tecnologia já permite criar canais de comunicação à distância para troca de informações totalmente sigilosas e à prova de espionagem [6].

4.3. Os Sensores Quânticos

Os sensores quânticos são aqueles que usam partículas em nível atômico ou subatômico para detectar as menores variações em campos magnéticos ou elétricos, viabilizando medições com uma precisão inalcançável com os melhores equipamentos de laboratório atuais [11].

Um sensor quântico, por exemplo, consegue detectar mudanças mínimas em parâmetros físicos e químicos, como variações na composição do solo, presença de determinadas moléculas ou alterações muito pequenas no campo magnético. Isso acontece devido aos fenômenos como superposição e emaranhamento quânticos, que permitem medições em escalas que os sensores tradicionais não alcançam [12].

Um dos primeiros tipos de sensores quânticos a serem desenvolvidos comercialmente foram os gravímetros. Esses instrumentos são capazes de medir a aceleração da gravidade na superfície da Terra com altíssima precisão. Pequenas variações nesse valor podem indicar a presença de água subterrânea, minérios ou petróleo, além de obterem informações importantes sobre o subsolo, para levantamentos geológicos, monitoramento ambiental e engenharia civil [13].

Os sensores quânticos também têm se destacado na medicina. Desde os anos 1980, pesquisadores vêm desenvolvendo equipamentos de magnetoencefalografia (MEG), capazes de medir os campos magnéticos extremamente fracos gerados pela atividade dos neurônios no cérebro. Essas máquinas registram o funcionamento cerebral com uma resolução temporal de milissegundos (mil vezes melhor que a da ressonância magnética tradicional) [13].

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para desenvolver essas novas tecnologias quânticas, há cerca de 25 anos pesquisadores de todo o mundo, especialmente nos países desenvolvidos, como Estados Unidos, China, Reino Unido e membros da União Europeia, vêm colaborando com gigantes da tecnologia, como IBM e Google, além de startups inovadoras. Uma estimativa do governo britânico sugere que o valor do mercado global dessas tecnologias quânticas emergentes já ultrapassa US\$ 1 trilhão [6].

Um levantamento da empresa britânica Qureca mostra que, em 2025, todas as iniciativas públicas e privadas ao redor do mundo para o desenvolvimento de tecnologias quânticas devem totalizar cerca de US\$ 44 bilhões em investimentos.

No mesmo levantamento, o Brasil aparece como o único país da América Latina com investimentos significativos na área. O relatório cita a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), órgão do governo federal que

destinou R\$ 60 milhões à criação, em dezembro de 2023, do Quantum Industrial Innovation (QuIIN) – O Centro de Competência EMBRAPII e Campus Integrado de Manufatura e Tecnologias (CIMATEC) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), sediado em Salvador, Bahia [6].

O referido levantamento, porém, não menciona outras duas grandes iniciativas brasileiras. Em junho de 2023, começou a ser instalado o Laboratório de Tecnologias Quânticas do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), na cidade do Rio de Janeiro, com previsão de início das operações ainda em 2025. O projeto recebeu R\$ 30 milhões em investimentos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPÉRJ), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Petrobras. Já em abril de 2024, a FAPESP lançou o Programa Fapesp em Tecnologias Quânticas (Quantum Technologies Initiative – QuTIA), com previsão de investir R\$ 150 milhões, ao longo de cinco anos, em pesquisas voltadas ao desenvolvimento de tecnologias quânticas [6].

REFERÊNCIAS

[1] ONU declara 2025: Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas. Sociedade Brasileira de Física - SBF. Disponível em: <https://www.sbfisica.org.br/v1/sbf/onu-declara-2025-ano-internacional-da-ciencia-e-tecnologia-quanticas/> Página acessada em: 05 nov. 2025.

[2] Júnior, O. F., 2025: Ano Internacional da Ciência e da Tecnologia Quânticas. Universidade Federal da Bahia para o portal da Fundação Maurício Grabois, 15 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://grabois.org.br/2025/01/15/onu-proclama-2025-como-o-ano-da-ciencia-e-tecnologia-quanticas/> Página acessada em: 05 nov. 2025.

[3] Rezende, C., Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas. Boletim Eletrônico da Sociedade Brasileira de Química – SBQ, Nº 1621 de 19 de setembro de 2024. Disponível em: <https://boletim.sbz.org.br/noticias/2024/n3988.php> Página acessada em: 05 nov. 2025.

[4] Oliveira, J. C. T., Max Planck, o Pai da Física Quântica. Mens Agitat, vol. 19, 59-62 (2024).

[5] Dantas, R. A., Mecânica Quântica. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/onascimento-mecanica-quantica.htm> Página acessada em: 13 nov. 2025.

[6] Zolnerkevic, I., Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas: impacto e futuro. Jornal da USP, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ano-internacional-da-ciencia-e-tecnologia-quanticas-impacto-e-futuro/> Página acessada em: 15 nov. 2025.

[7] Fanchini, F., Cientistas e Unesco elegem 2025 como o Ano da Ciência Quântica. Revista Veja, publicada em 13 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/tecnologia/cientistas-e-unesco-elegem-2025-como-o-ano-da-ciencia-quantica/> Página acessada em: 15 nov. 2025.

[8] Oliveira, D., O que é e como funciona o Emaranhamento Quântico? Olhar Digital – Ciência e Espaço, atualizado em 08 de novembro de 2023. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2023/10/24/ciencia-e-espaco/o-que-e-e-como-funciona-o-emaranhamento-quantico/> Página acessada em: 18 nov. 2025.

[9] Schneider, J., O que é computação quântica? International Business Machines – IBM. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/quantum-computing> Página acessada em: 18 nov. 2025.

[10] Nehme, M., O que é comunicação quântica? MIT Technology Review – Brasil, publicado em 1 de setembro de 2020. Disponível em: https://mittechreview.com.br/o-que-e-comunicacao-quantica/?srsltid=AfmBOorPIONhEkBU50ww1qG4DTeHyqo_ZnRBays7fwVvrqS9YX9PHnVT Página acessada em: 20 nov. 2025.

[11] Wang, G. et al., Sensor quântico detecta sinais eletromagnéticos de qualquer frequência. Inovação Tecnológica. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=sensor-quantico-detecta-sinais-eletromagneticos-qualquer-frequencia&id=010165220624> Página acessada em: 20 nov. 2025.

[12] Junior, S. R., Sensores quânticos na agricultura: tecnologias que vão transformar o agro! Farmnews, 25 de março de 2025. Disponível em: <https://farmnews.com.br/inovacao/sensores-quanticos-na-agricultura-tecnologias-que-vao->

<https://transformar-o-agro/> Página acessada em: 20 nov. 2025.

[13] Zolnerkevic, I., Sensoriamento quântico. International Centre for Theoretical Physics, South American Institute for Fundamental Research (ICTP-SAIFR). Disponível em: <https://outreach.ictp-saifr.org/quantica-sensoriamento-quantico/> Página acessada em: 20 nov. 2025.