

## Horizontes quânticos 1:

# Arte, filosofia, ciência, tecnologia, cognição e seus futuros

Por Rodrigo Petronio<sup>1</sup>

**Resumo:** O dossiê *Horizontes Quânticos 1* propõe um levantamento de alguns impactos importantes da teoria quântica em diversos setores do conhecimento e da tecnologia, da computação quântica, da cosmologia e das novas tecnologias vivas passando por questões culturais, epistemológicas, ontológicas e chegando à divulgação científica. O intuito não é detalhar um ou outro aspecto mais específico da teoria quântica, embora contenha artigos que o façam. Tampouco esgotar nenhum ponto de vista de um tema tão complexo e vasto. O objetivo do dossiê é explorar diversos impactos e desdobramentos produtivos que a teoria quântica pode ter (e de fato tem tido) em quase todas as áreas das ciências naturais e humanas e das tecnociências.

**Palavras-chave:** quântica; conhecimento; tecnociência; epistemologia; cultura; cosmologia, ontologia.

---

<sup>1</sup> Rodrigo Petronio é escritor e filósofo. Professor titular da FAAP, é autor de 17 livros e de centenas de ensaios e artigos. Atua na fronteira entre comunicação, literatura e filosofia. Formado pela USP, tem dois mestrados: em Filosofia da Religião (PUC-SP) e em Literatura Comparada (UERJ) Realizou o Doutorado na UERJ/Stanford University. Desenvolveu um pós-doutorado sobre a cosmologia de Alfred North Whitehead (2018-2020) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD), na PUC-SP, onde atualmente é pesquisador. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4473-2193>. Site: [www.rodriropetronio.com](http://www.rodriropetronio.com). Contato: [rodriropetronio@gmail.com](mailto:rodriropetronio@gmail.com).

## **Quantum horizons 1: Art, philosophy, science, technology, cognition, and their futures**

**Abstract:** The dossier *Quantum Horizons 1* proposes a survey of some important impacts of quantum theory in many sectors of knowledge and technology, quantum computing, cosmology, and new living technologies, such as cultural, epistemological, ontological issues and reaching scientific dissemination. Its purpose is neither to detail one or another specific aspect of quantum theory (although some articles do so); nor does it exhaust any specific perspective of this complex topic. The objective is to explore the most pluralistic impacts and productive developments that quantum theory can have (and in fact has had) in almost all areas of the natural, human sciences, as well as the technosciences.

**Keywords:** quantum; knowledge; technoscience; epistemology; culture; cosmology; ontology.

A teoria quântica não se restringe à Física. Representa uma das maiores revoluções cognitivas da humanidade. Tendo em vista sua interface com as novas tecnologias, sobretudo com a computação, a quântica adquire uma centralidade e uma urgência ainda maiores. Vê-se, então, a pertinência de mapear as alterações que essa revolução tem produzido no âmbito das Tecnologias da Inteligência e das Tecnologias Cognitivas. E quais principais alterações essa revolução deve produzir nas próximas décadas.

Para rastrear essas alterações profundas, este número 27 abre com uma entrevista exclusiva com o cosmólogo Mario Novello, um dos cientistas e pensadores brasileiros mais destacados do mundo. Criador do grupo de Cosmologia e Gravitação no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em 1976, Novello inaugurou o estudo sistemático da Cosmologia no Brasil. Em 1979, criou o primeiro modelo cosmológico com solução analítica com *bouncing* (ricochete), alternativo à teoria do big bang. Em 2003, funda o Instituto de Cosmologia Relatividade e Astrofísica (ICRA), que foi alocado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia sob o guarda-chuva institucional do CBPF. Além de centenas de artigos científicos, é autor de diversos livros, discriminados na abertura da entrevista.

Nesta entrevista, Mario fala um pouco de *Os construtores do cosmos* (2023), seu novo livro, que acaba de ser lançado pela Global. E conta um pouco sobre a sua trajetória intelectual e acadêmica, dando ênfase às etapas mais importantes da formação de seu pensamento científico. Em sua obra e em sua pesquisa, tem, sobretudo, procurado compreender como a teoria quântica pode nos ajudar a produzir novos modelos na cosmologia. E quais as implicações da flutuação quântica para a descrição de um esquema global do universo. Sobressai em sua entrevista e em seus livros a necessidade de convergência entre as ciências da natureza e as ciências humanas para conseguirmos ter de fato uma compreensão efetiva da cientificidade da ciência, em um mundo cada vez mais dominado pela tecnificação do conhecimento.

Marcos Cuzziol é pesquisador colaborador do Instituto de Estudos Avançados da USP (IEA-USP) e desenvolveu seu doutorado na Escola de Comunicação e Artes (ECA-USP) justamente sobre a noção quântica de estados superpostos. Investigou a possibilidade de, a partir deles, gerar modelos matemáticos para games 3D. Em seu artigo, Cuzziol analisa como a computação quântica pode se valer dos chamados algoritmos genéticos. A aliança entre os processos evolutivos darwinianos e o aumento exponencial de processamento, velocidade e armazenamento dos qubits,

prometidos pela computação quântica, podem conduzir a vida a um novo patamar evolutivo, radicalmente distinto da evolução por seleção natural que se operou na Terra ao longo de bilhões de anos. Presenciaremos, talvez ainda em poucas décadas, uma alteração radical dos conceitos de vivo e de não vivo. Cuzziol se apoia nos estudos pioneiros de John Holland que, nos anos 1970, analisava as formas de adaptação em sistemas artificiais e naturais. Devido ao fato de ter sido gerente do núcleo de Inovação do Instituto Itaú Cultural ao longo de vinte anos (2000 a 2020), Cuzziol possui uma visão muito aguda acerca das potencialidades interacionais natural-artificial. E como a computação quântica deve alterar drasticamente essas interações e esses cenários humanos-não humanos.

Em um sentido semelhante, em um instigante ensaio, os pesquisadores colombianos Iliana Hernández-García e Raúl Niño-Bernal analisam as xenopaisagens e as tecnologias vivas. Partem da noção de Novacene, a nova era natural-artificial da Terra cunhada por James Lovelock, criador da teoria Gaia junto com a bióloga Lynn Margulis. Valem-se do radical grego xeno- para abordar formas pós-evolutivas de vida sintética, seres animados e agências inorgânicas que podem, por meio da nanotecnologia, adquirir um estatuto ontológico semelhante ao dos seres vivos. Essas novas formas de vida seriam, daqui para a frente, hiperinteligências artificiais que devem se somar às inteligências orgânicas para cuidar de Gaia e nos auxiliar a reverter os efeitos devastadores do Antropoceno. Para evidenciar essas novas manifestações dessa nova natureza do vivo e da vida, estranhos e alheios aos processos-padrão evolutivos, Iliana e Raúl analisam as obras de dois artistas: a britânica Libby Heaney e o colombiano Juan M. Castro. Ambos trabalham com vida artificial e modelos derivados da computação quântica. Os autores exploram, então, esse novo horizonte da Terra, no qual vida e protovida devem se permeabilizar e se unir, em xenopaisagens que unifiquem Gaia e Novacene.

Seguindo outra abordagem, Osvaldo Pessoa Jr. se concentra nas influências mútuas entre a teoria quântica e a cultura. Professor titular de Filosofia da Ciência no Departamento de Filosofia da USP (FFLCH-USP), Osvaldo é uma das maiores referências brasileiras e internacionais em filosofia da quântica e em filosofia da mente. Além de ter defendido sua tese de Doutorado no Departamento de História e Filosofia da Ciência na Universidade de Indiana (EUA) justamente sobre o problema da medição na física quântica (1990), o seu livro *Conceitos de física quântica* (2003), em dois volumes, é uma referência sobre o assunto. O mesmo se pode dizer sobre o livro *Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais*,

organizado com o pesquisador brasileiro Olival Freire Jr. (UFBA) e com a pesquisadora estadunidense Joan Lisa Bromberg (Johns Hopkins University), ganhador de um Prêmio Jabuti de 2011. Em seu artigo, a despeito das demandas de racionalidade e objetividade que constituem o cerne da ciência, Osvaldo analisa como aspectos contingentes, conjunturais e culturais foram importantes para a modelização da nova imagem da natureza que emergia com a teoria quântica. A partir dos trabalhos clássicos de Paul Forman e Max Jammer, ressalta o papel que algumas crenças e ideias filosóficas, sobretudo o livre-arbítrio e a causalidade, desempenharam em algumas formulações essenciais da teoria quântica, em termos pragmáticos, epistemológicos e mesmo ontológicos.

Partindo de uma investigação de um campo expandido da teoria quântica, em meu artigo investigo um conceito que tenho desenvolvido: o gerativismo. A cosmologia gerativa é um aprofundamento das cosmologias contemporâneas baseadas no conceito de multiverso. Para tanto, tomo como ponto de partida a obra de David Deutsch, um dos pioneiros da computação quântica, das cosmologias emergentistas e da complexidade computacional. Este artigo se restringe a sinalizar os limites de algumas vertentes da epistemologia e da filosofia da ciência, tais como o reducionismo, o holismo, o empirismo, o indutivismo, o instrumentalismo e o positivismo, demarcando suas distinções em relação ao gerativismo e às abordagens emergentistas. Ao fazê-lo, defini alguns eixos das propriedades emergentes e, por conseguinte, alguns eixos de orientação do gerativismo.

Em uma perspectiva mais aderente à cosmologia, além da entrevista, Mario Novello nos brindou com um artigo para este número da revista. E seu artigo aborda um tema fascinante — e que ainda deve dar ensejo a muita investigação: o papel do eletromagnetismo no universo. Como podemos pensar em um modelo cosmológico sem singularidade a partir da interação das duas grandes forças fundamentais, o eletromagnetismo e a gravitação? Nesse modelo, a gravitação seria baseada no modelo padrão da Teoria da Relatividade Geral; e o magnetismo, em uma identificação do espaço-tempo como um fluido perfeito, por meio de uma teoria não linear. O resultado seria um universo espacialmente homogêneo e isotrópico, eterno e cíclico, que se coaduna com as exigências dos modelos de bouncing, criados por Mario. Este modelo prescindiria de explicações a partir de formas desconhecidas de energia, como a energia escura, em voga no debate internacional e nas divulgações midiáticas. Os dois campos clássi-

cos unificados seriam suficientes para produzir um modelo cosmológico que atenda às exigências observacionais.

Como se sabe, uma das interpretações-padrão da teoria quântica é a da chamada Escola de Copenhagen. Surgiu dos esforços pioneiros de Nils Bohr, Werner Heisenberg e de uma rede de alguns dos maiores físicos do século XX para transformar a quântica em uma teoria consistente. Essa consistência foi confirmada e não para de se reafirmar, tantos em termos empíricos e observacionais quanto em termos lógicos e matemáticos. A quântica conseguiu dirimir e refutar as objeções que mesmo Einstein, um de seus fundadores, lhe havia feito, acusando-a de ser um modelo inacabado, de se apoiar em variáveis ocultas e de recorrer às fantasmagóricas ações a distância. Esse sucesso da teoria quântica se deve em grande parte à abordagem antirrealista e analítica dada por Bohr. Por meio da teoria da complementaridade, Bohr demonstrou que não era preciso afirmar o acaso, a aleatoriedade e a incerteza como elementos reais, imanentes à natureza. Bastaria que os concebêssemos como propriedades instauradas pelas medições e pelas descrições, entendidas como interatores que também alteravam essa mesma realidade. Ao incorporar os processos descritos para o interior dos processos de descrição, Bohr rompeu os finos liames que nos prendiam ao real.

Nesse sentido, como pensar a ontologia no âmbito da teoria quântica? Essa é a pergunta que Leandro Tibiriçá de Camargo Bastos explora em seu artigo. A obra seminal de Peter Lewis, *Quantum Ontology: A Guide to the Metaphysics of Quantum Mechanics*, tomada como ponto de partida, levanta as principais implicações ontológicas presentes na teoria quântica. Explora em que medida essa ontologização é produtiva e em que medida pode apenas aumentar os problemas. O tema é vasto e demandaria uma incursão não apenas pela metafísica. Exigiria uma exploração dos domínios da metametafísica e da metaontologia contemporâneas. Leandro se abstém dessa proposta, inexequível em um artigo. E procede a uma análise minuciosa de conceitos, obras, problemas, matrizes e impasses que cada ontologia representa para a elucidação dos diversos problemas e campos quânticos. Ademais, em vez de inserir o debate dentro do grande arco da ontologia ocidental, desde a Antiguidade, Leandro segue Lewis e apenas expõe as mudanças mais substantivas que a quântica traz para nossas categorias fundamentais, tais como unidade, causalidade, relação, tempo, espaço, universo, dentre outras. A formação de Leandro é interdisciplinar. Une a teoria da literatura, a teoria da tradução, a dramaturgia e a teoria social, sobretudo de base marxista. Embora não chegue a adentrar

esse debate, pensada em sua dimensão social, essa mediação interdisciplinar entre a ontologia e a quântica é importante para politizar o debate. E para refletirmos sobre os mundos e realidades possíveis que essa teoria científica pode nos ajudar a construir.

Por fim, a resenha do dossiê é sobre o livro *O abismo vertiginoso: um mergulho nas ideias e nos efeitos da física quântica*, do cosmólogo italiano Carlo Rovelli. Tive o prazer de escrevê-la a oito mãos com os pesquisadores Maria Junqueira Netto de Sá Benevides, Julia Stritzinger de Cassias e Luiz Gustavo Queiroz Escobar, meus alunos da Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP). Rovelli se tornou mundialmente conhecido do grande público a partir de seu trabalho de divulgação científica de alta qualidade, representado pelos livros *A realidade não é o que parece*, *Sete breves lições de física*, *A ordem do tempo*, dentre outros. Para além da fama, Rovelli desenvolveu um modelo gravitacional quântico em loop, uma cosmologia relacional, e tem se dedicado a enfatizar a natureza informacional do universo, bem como a centralidade da noção de informação na cosmologia. Isso o torna um dos nomes proeminentes da interface entre teoria quântica, cosmologia, teoria da comunicação e a teoria da informação. Esse aspecto de sua obra sinaliza as possibilidades imensas, e ainda inexploradas, da teoria quântica para Ciência da Comunicação, as Tecnologias da Inteligência e as Tecnologias Cognitivas. Esperamos que este dossiê estimule mais pesquisadores a empreender essa viagem.