

# TEC COG

29/30

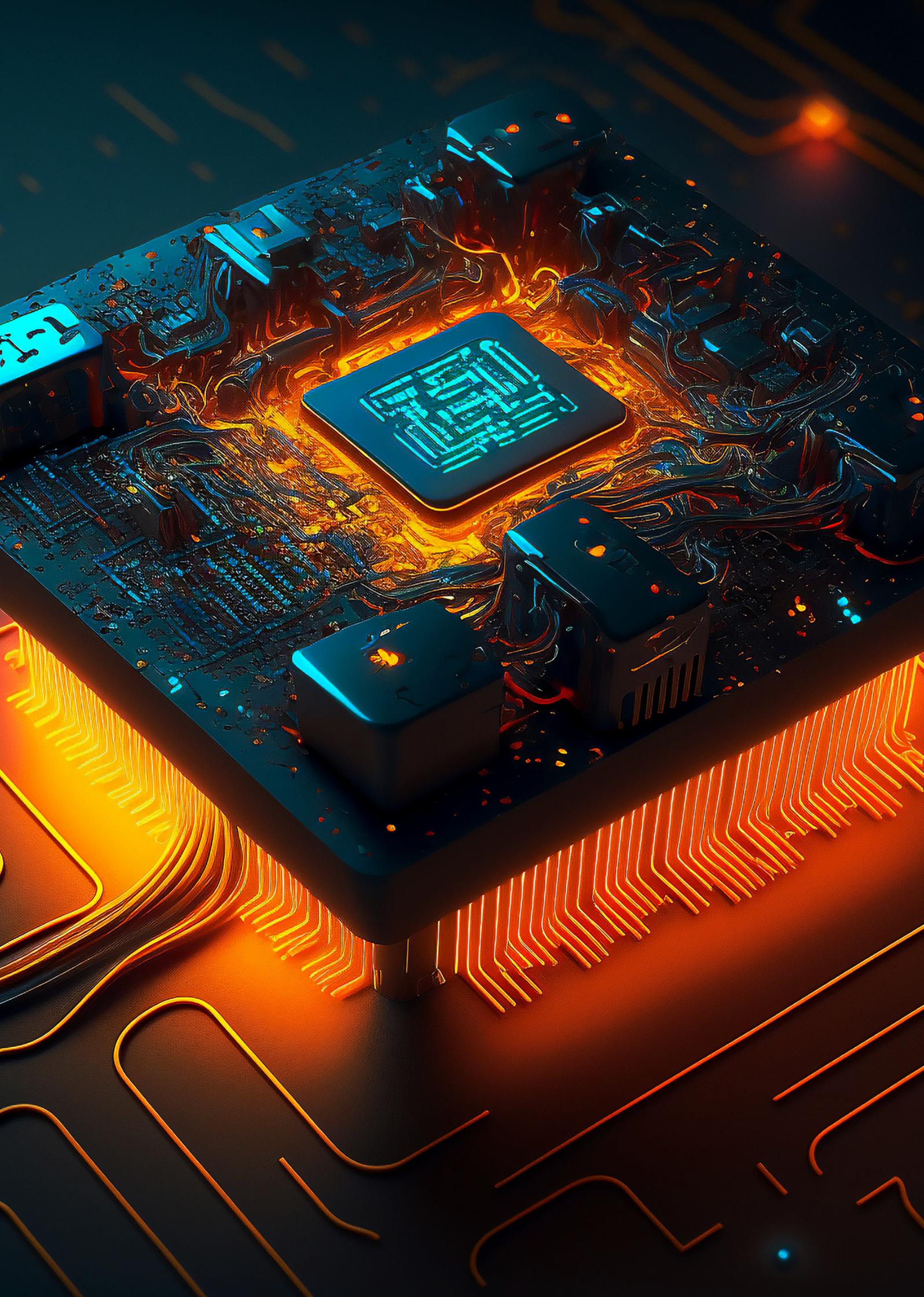
JAN./DEZ. 2024

REVISTA DIGITAL DE  
TECNOLOGIAS COGNITIVAS

ISSN  
1984-3585

## Horizontes quânticos 2

Programa de Pós-Graduação em  
Tecnologias da Inteligência e Design Digital  
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo



## Expediente

TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 29-30, jan./dez. 2024, ISSN: 1984-3585 Programa de Pós-graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).



# PUC-SP

### DIRETOR CIENTÍFICO

Prof. Dr. Winfried Nöth  
PUC-SP

### VICE-DIRETORA CIENTÍFICA

Profa. Dra. Lucia Santaella  
PUC-SP

### EDITOR DO NÚMERO

Prof. Dr. Rodrigo Petronio  
PUC-SP

### EDITOR EXECUTIVO:

Gustavo Rick Amaral  
UAM

### CAPA E PROJETO GRÁFICO

Amanda Recke

### REVISÃO DE TEXTOS

Aline Antunes,  
PUC-SP

### IMAGEM DA CAPA

[https://br.freepik.com/fotos-gratis/close-up-do-ciberespaco-do-circuito-com-luzes-de-neon\\_39518202.htm](https://br.freepik.com/fotos-gratis/close-up-do-ciberespaco-do-circuito-com-luzes-de-neon_39518202.htm)  
Imagem de svstudioart no Freepik

### DIAGRAMAÇÃO E DIVULGAÇÃO ONLINE

Amanda Recke

### CONSELHO EDITORIAL

Profa. Dra. Alexandra Primo  
UFRGS

Prof. Dr. André Lemos  
UFBA

Profa. Dra. Cláudia Giannetti  
Barcelona

Profa. Dra. Clarisse Sieckenius de Souza  
PUC-RIO

Profa. Dra. Diana Domingues  
UnB Gama

Profa. Dra. Geane Alzamora  
UFMG

Profa. Dra. Giselle Beiguelman  
USP

Prof. Dr. João Teixeira  
UFSCar

Profa. Dra. Luiza Alonso  
UnB

Profa. Dra. Maria Eunice Gonzales  
Unesp-Marília

Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Gudwin  
Unicamp

Prof. Dr. Sidarta Ribeiro  
UFRN



**n. 29-30, jan./dez. 2024**

**Sumário**

<b>EDITORIAL</b>	6
Rodrigo Petronio	
<b>DOSSIÊ</b>	
O campo quântico e os horizontes do conhecimento	13
Rodrigo Petronio	
<b>ENTREVISTA</b>	
Entrevista com Osvaldo Pessoa Junior	22
Rodrigo Petronio	
<b>ARTIGOS</b>	
<b>ARTE, LITERATURA E AUDIOVISUAL</b>	
Traços quânticos na cultura: incerteza criadora	32
Diana Maria Gallicchio Domingues e Pedro Gabriel Ubatuba de Faria Denega	
Trans:humanismo (h-) e audiovisual: Imagem, mente e teoria quântica nas fronteiras do humano	59
Rodrigo Petronio, Luca Scupino Oliveira, Eduardo Ferraz, Bianca Ayuri, Guto Escobar, Maria Junqueira Netto de Sá e Benevides	
O recurso quântico: uma estratégia ficcional	96
Fabio Fernandes	
<b>COMPUTAÇÃO, SISTEMAS E COMPLEXIDADE</b>	
Limites e possibilidades da complexidade computacional quântica	108
Fabiana Raulino da Silva, Rafael Diogo Rossetti e Reinaldo Augusto de Oliveira Ramos	
Por uma ética quântica combinada com um direito procedimentalizado: Para fazer face ao avanço das tecnologias de inteligência artificial	131
Willis Santiago Guerra Filho e Paola Cantarini	
Consciência Quântica: uma análise baseada na irreversibilidade	154
Marcelo Moreira Santos	

“Tudo é vibração?”: Emaranhando a mecânica quântica em um mundo sem objetos 169  
Nelson Job

Há mundo depois da quântica? 180  
Bruno Cava Rodrigues

#### **ONTOLOGIA, COSMOLOGIA E EPISTEMOLOGIA:**

Metafísica semiótica como  
exelítica heurística 199  
André De Tienne

Horror do vazio 218  
Mario Novello

Estruturas fechada e aberta e vice-versa: axiomas da matemática no debate entre a ontologia de Deleuze e Badiou 234  
Leandro Tibiriçá de Camargo Bastos

Feyerabend e a Mecânica Quântica: um terreno fértil para discussões filosóficas 251  
Rafael Velloso e Antonio Augusto Passos Videira

Orgulho científico e preconceito metafísico: *Ens quantum ens*, a teoria quântica e Peirce 269  
Rosa Mayorga

Introdução à teoria gerativa – parte 2: Replicabilidade, mutação e dados no horizonte do Capital 295  
Rodrigo Petronio

#### **RESENHAS**

Resenha do livro *Mind, Matter, and Quantum Mechanics*, de Henry Stapp 338  
Leandro Tibiriçá de Camargo Bastos

Resenha do livro *Schrödinger's Universe*, de Milo Wolff 343  
Nelson Job

## Campo Quântico

Este é o segundo volume do dossiê *Horizontes Quânticos* apresentado pela revista TECCOGS. Seguindo a proposta do primeiro volume *Horizontes Quânticos 1* (TECCOGS, v. 27 [2023]), neste volume procuramos explorar as implicações e desdobramentos oriundos da Mecânica Quântica em diversas áreas do conhecimento. Devido à abrangência e à complexidade do assunto, este volume acabou sendo duplo. Ou seja: contempla dois números da revista em um.

Como compreender a disrupção produzida pela Mecânica Quântica e que transpôs as fronteiras da física? Quais os principais impasses colocados por esse campo? Um dos primeiros dilemas postos pela quântica é o fato dela não ser *UMA* teoria. A Teoria da Relatividade é uma teoria unificada, coesa e funcional em todos os contextos da física que envolvam gravitação, espaço e tempo. Por mais que tenha aplicabilidades e interpretações diversas, a fórmula que a representa promove a sua unificação em diversos contextos, experimentais e conceituais.

A Quântica por sua vez é um conjunto de teorias, experimentos, observações, interpretações e descrições da natureza bastante divergentes entre si. Em alguns casos, chegam mesmo a ser antagônicas e excludentes, umas em relação às outras. Mesmo nos domínios estritos da física e da matemática, a quântica não configura uma teoria unificada. Constitui um campo de disputa de diversas teorias, experimentos, hipóteses, filiações, grupos, modelos, cientistas, interpretações e critérios de verificabilidade e de validade. Essas disputas em torno da quântica acabaram sendo assimiladas de n-formas

---

<sup>1</sup> Rodrigo Petronio é escritor e filósofo. Professor titular da FAAP, autor de mais de 20 livros. 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). Doutor pela UERJ/Stanford University, desenvolveu pós-doutorado sobre a cosmologia de Alfred North Whitehead (2018-2020) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD|PUC-SP), onde atualmente é pesquisador. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4473-2193> Site: [www.rodrigopetronio.com](http://www.rodrigopetronio.com). E-mail: [rodrigopetronio@gmail.com](mailto:rodrigopetronio@gmail.com).

por outras ciências e saberes. E, além disso, foram apropriadas e disseminadas pela cultura e pelo imaginário coletivo.

Diante disso, em vez de teoria quântica, optamos por chamar de *campo quântico* esse conjunto de controvérsias que apontam para o denominador comum *quântico*. O campo quântico seria a arena em que se travam todas as disputas epistemológicas e ontológicas, culturais e cognitivas, científicas e culturais, física se metafísicas que tenham como parâmetro o termo quanta, independente das valências e validações institucionais que esse termo possua.

Os Horizontes Quânticos seriam nesse sentido o conjunto das possibilidades e virtualidades imanentes ao campo quântico e, ao mesmo tempo, as aberturas que o termo *horizontes* nos apresenta, sendo essas virtualidades e possibilidades tanto hermenêuticas e experimentais quanto conceituais e tecnológicas. Seguindo assim os postulados do conceito quântico de colapso, o campo quântico seria essa esfera de investigações da natureza que não se apresenta unificada por uma teoria, interpretação ou vertente. E que não pode ser aplicada de modo indiscriminado em contextos distintivos sem que resultados diferentes sejam obtidos.

Como se sabe, desde seu surgimento no século XX, a Mecânica Quântica tem sido uma das propostas mais disruptivas da história do conhecimento. Esses abalos começaram com a aparente incompatibilidade dos modelos quânticos com a teoria que há mais de um século serve de modelo-padrão para a física: a Teoria da Relatividade de Einstein. Se a Teoria da Relatividade representa uma revolução da ciência, as interpretações quânticas representariam uma revolução dentro da revolução: uma revolução ao quadrado. Além disso, a compreensão da natureza apresentada pela Mecânica Quântica nos levou a rever alguns conceitos nucleares estabilizados ao longo de milênios pelas ciências, pela filosofia, pelos saberes e pelas religiões.

Isso ocorre porque a investigação quântica não alterou apenas aspectos regionais do nosso conhecimento do universo: colocou em xeque os procedimentos de estabilização das próprias leis do universo. Diferente dos modelos mecanicistas, deterministas e reducionistas, que se preservam inclusive na cosmologia de Einstein, o campo quântico inseriu no coração do universo alguns dos problemas centrais da complexidade: a probabilidade, a incerteza, a irreduzibilidade, a recursividade. E redefiniu de modo inusitado o papel desempenhado pela informação, pelas interações relacionais e pela mente em nosso conhecimento da natureza.

Assim, o campo quântico tem há mais de um século produzido visões contraintuitivas e produtivas sobre as propriedades fundamentais da natureza, do humano e da mente. A substância, a causalidade, o tempo, o espaço, a matéria, o vazio, o problema do discreto e do *continuum*: todas essas macrocategorias estratificadas antigas e modernas foram abaladas ou pelo menos profundamente transformadas desde o advento da quântica. Para agravar essa situação, o campo quântico é um dos campos da física que apresenta os resultados matemáticos mais precisos, independente da variabilidade desses contextos observacionais e experimentais.

Poderíamos supor que essa redutibilidade apresentada pela matematização da natureza constitui a base da ciência moderna. Essa estabilidade matemática esvaziou a excentricidade inicial da quântica, convertendo-a em uma das investigações da ciência normal e padrão. Entretanto, outro problema emerge aqui: a variabilidade dos modelos quânticos utilizados em situações observacionais diferentes, mesmo sendo matematicamente precisas, pode gerar resultados completamente diferentes quando apresentados em outras condições e contextos. Isso incide sobre um aspecto nuclear da física: as medições. Se as medições se alteram, alteram-se os estatutos dos objetos medidos e, por conseguinte, relativiza-se a objetividade dos critérios e medidas usados na medição. Esse problema acabou se cristalizando como uma das visões mais populares do campo quântico: o observador alteraria a objetivamente do fenômeno observado. As condições de observação interfeririam no campo observável.

Embora não se possa dizer que isso inviabilize a objetividade das investigações quânticas, algo se passa aqui que exige outros parâmetros racionais de verificabilidade. O que talvez ocorra aqui é uma necessidade de unificação, não de todas as interpretações quânticas entre si, mas do campo quântico com outros campos e teorias da física. Essa demanda de unificação nos conduz a um tema fascinante: a teoria do campo unificado. Como a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade se tornaram os mais potentes modelos descritivos da natureza, talvez muitas soluções e impasses da compreensão do universo e da natureza dependam da unificação entre o microcosmo e o macrocosmo. Essa é a ambição das pesquisas em gravitação quântica, um dos principais caminhos para compreensão do campo quântico e da cosmologia.

Como se não bastassem esses labirintos, o campo quântico deve criar em breve mais uma disrupção. Agora de natureza tecnológica: a computação quântica. Trata-se de uma mudança de natureza da computação, não apenas de grau. A computação no nível quântico pode processar

informações em nanoescalas discretas nos intervalos entre zero e um. Isso significa uma passagem dos bits aos qubits: unidades capazes de processamento, velocidade, armazenamento e tratabilidade da informação que podem ser centenas ou mesmo milhares de vezes mais potentes do que os softwares e os hardwares dos computadores atuais. Para se ter uma ideia do impacto, basta pensar que a computação quântica pode converter qualquer elemento da natureza, animal ou vegetal, orgânico ou inorgânico, em um potencial computador.

A física subatômica produziu a possibilidade de alterar a natureza átomo a átomo, prenunciada por Richard Feynman. A biotecnologia tem produzido a possibilidade de alterar a natureza gene a gene. E, por fim, a computação quântica pode vir a alterar a natureza bit a bit. E, nesse caso, processos quânticos e computacionais unificados podem vir a apagar a exterioridade e as demarcações entre átomos, genes e bits. E talvez estejamos no começo de algo maior do que uma revolução. Talvez estejamos no começo de uma mutação, conforme analiso em meu artigo sobre a teoria gerativa.

### **Apropriações e Culturalizações**

Para coroar esses desafios fascinantes, o campo quântico foi culturalizado por meio das mais variadas (e bizarras) apropriações. De cura quântica a cristais quânticos, das terapias quânticas às orações quânticas, do empreendedorismo quântico ao ativismo quântico, de coaches quânticos ao toque quântico, da medicina quântica aos comandos quânticos para a vida cotidiana, da aromaterapia quântica aos mantras quânticos para a iluminação interior, da apometria quântica à assertividade quântica, chegando, por fim, à mais sublime de todas essas equações: o Jesus quântico. O famoso salto quântico por sua vez tem se mostrado muito mais como uma acrobacia do que como um simples salto. O salto quântico aplicado às carreiras, aos negócios, à espiritualidade, ao casamento, ao autoconhecimento. O salto quântico conectado às constelações familiares, à teologia da prosperidade e a diversas religiões, orientais e ocidentais, tradicionais ou *new age*.

O salto quântico há tempos serve de fundamento a toda fauna holística que povoa o imaginário contemporâneo. Deixou há tempos de ser um mero salto: agora é entendido como um salto duplo e às vezes triplo – sempre quântico. Some-se a isso o universo de desinformação generativa exponencial produzida pelas IAs, a acessibilidade iminente dos sistemas generativos e criadores de *deep fake* e (ironicamente) a revolução de natu-

reza e da natureza operada pela computação quântica. Tudo computado, teremos um cenário que pode ser definido no mínimo como preocupante em termos científicos, políticos e cognitivos.

Diante de tudo isso, definir em que medida esses fenômenos são ciência ou não são ciência, são válidos ou não são válidos, são legítimos ou não são legítimos seria uma tarefa imensa. Em termos pragmáticos, todos os enunciados que performam algum grau de validade contingente possuem alguma validade, a despeito da cientificidade dos valores envolvidos nesse processo de validação. Se observarmos a história, veremos que todas as descobertas, teorias e modelos científicos foram absorvidos pela cultura e disseminados com valências que (muitas vezes) se distanciam da tecnicidade do debate interno da ciência. Por que o campo quântico seria diferente? Nesse sentido, talvez a melhor pergunta a ser feita seja a mais simples de todas as perguntas: por que o uso do termo quântico? A resposta em todos os casos quase sempre é igualmente simples: o termo “quântica” se tornou um fetiche que agrega valor e ajuda a monetizar os produtos, sejam eles quais forem.

Essa concepção nos poupa de termos que enfrentar as controvérsias essencialistas e os labirintos emaranhados das demarcações entre ciência e pseudociência, entre divulgação científica e anticiência, entre ciência hegemônica e ciência contra-hegemônica. E nos coloca no cerne de um problema sistêmico muito mais amplo: o capitalismo. Abordar o capitalismo atual de um ponto de vista sistêmico necessariamente nos conduz a pensar todo campo quântico dos séculos XX e XXI, tanto em seu rigor matemático e científico quanto na sua diluição cultural e espiritualista. E nos conduz a fazê-lo a partir de novos modelos, emergentistas e complexos.

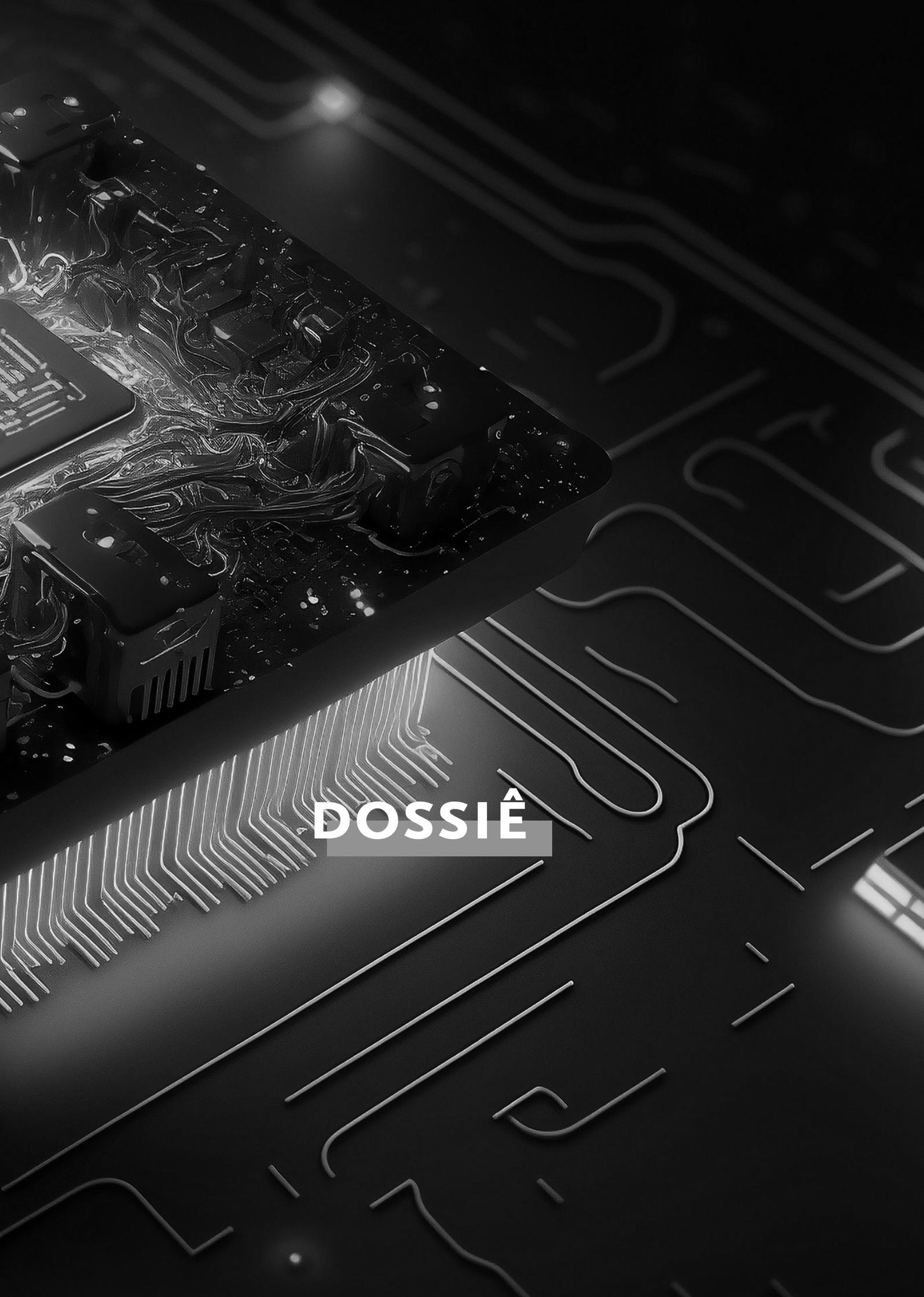
### **Abordagem Deflacionada**

Diante desta posição, este Dossiê propõe uma abordagem deflacionada do campo quântico. Isso significa que os artigos reunidos aqui propõem investigações acerca do campo quântico relacionadas às artes, à literatura, às ciências, à computação, à semiótica e à filosofia. Embora se valham de analogias em relação às especificidades e à tecnicidade dos conceitos quânticos empregados nos domínios estritos da física, os artigos buscam uma convergência com as formas mais estabilizadas e racionais do debate quântico travado nas universidades, em uma perspectiva transdisciplinar.

Entretanto, os potenciais das transversalidades de outros saberes, discursos e áreas do conhecimento que emergem desse debate, de modo mais ou menos explícito, não são nem purificadas e nem interditas. Aparecem aqui como indicadores de horizontes que outros pesquisadores, em outras ciências e em outros saberes, podem assimilar, expandir e aprofundar, segundo os critérios de racionalidade que norteiem seus argumentos, descrições e áreas.

### **Agradecimentos**

Em tempo, gostaria de agradecer imensamente a todas/os colaboradoras/es deste Dossiê pela generosidade da participação e pela altíssima qualidade dos trabalhos apresentados. E agradeço imensamente a toda equipe da revista TECCOGS, em especial aos seus diretores científicos Lucia Santaella e Winfried Nöth, pela confiança em meu trabalho e pelo convite para que eu fosse editor desses dois números. É sempre uma honra e uma alegria ser reconhecido por intelectuais dessa magnitude e que tanto admiro.



**DOSSIÉ**

# O campo quântico e os horizontes do conhecimento

Rodrigo Petronio<sup>1</sup>

Para fins operacionais, este Dossiê adotou a abordagem deflacionada descrita no Editorial. Ou seja: se concentrou mais em abordagens estritas do campo quântico nas artes, na filosofia, na computação, na semiótica e nas fronteiras transdisciplinares que essa investigação exige. Isso não minimiza a necessidade de compreender o campo quântico a partir dessas apropriações mais amplas, em alguns casos totalmente alheias aos procedimentos-padrão da ciência. Para isso enfatizar a diversidade do campo quântico e ao mesmo tempo demonstrar linhas convergentes de seus horizontes, dividimos este Dossiê em três áreas: 1. Arte, Literatura e Audiovisual 2. Computação, Sistemas e Complexidade 3. Ontologia, Cosmologia e Epistemologia.

A entrevista de abertura com Osvaldo Pessoa Junior se entrelaça perfeitamente aos objetivos deste Dossiê. Um dos pesquisadores mais reconhecidos do Brasil na área de filosofia da teoria quântica, com formação em física e em filosofia, Osvaldo é autor de artigos e de livros-base seminais para a compreensão da quântica em um espectro amplo e diversificado. Especialista também em filosofia da mente, em sua entrevista Osvaldo estabelece ressonâncias extremamente ricas entre as descobertas da quântica e as novas fronteiras das ciências cognitivas. Além disso, posiciona de modo didático e profundo as principais controvérsias, limites e problemas do campo quântico atualmente.

A seção *Arte, Literatura e Audiovisual* conta com artigos dedicados à fascinante interface dos modelos quânticos com essas áreas. O artigo de Diana Maria Gallicchio Domingues e Pedro Gabriel Ubatuba de Faria Denega explora a alta complexidade presente em projetos das artes visuais contemporâneas, envolvendo computação, sistemas vivos e

---

<sup>1</sup> Rodrigo Petronio é escritor e filósofo. Professor titular da FAAP, autor de mais de 20 livros. 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). Doutor pela UERJ/Stanford University, desenvolveu pós-doutorado sobre a cosmologia de Alfred North Whitehead (2018-2020) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD|PUC-SP), onde atualmente é pesquisador. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4473-2193> Site: [www.rodrigopetronio.com](http://www.rodrigopetronio.com) Contato: [rodrigopetronio@gmail.com](mailto:rodrigopetronio@gmail.com).

interações com não humanos. Essas propostas envolvem um alagamento entre vida, arte e tecnologia. Diana Domingues por sua vez é uma expoente brasileira das relações arte-tecnologia, como pesquisadora e como artista. Isso enriquece o texto, pois oferece um panorama tanto de alguns dos projetos mais avançados do mundo nessas áreas quanto das proposições autorais de uma artistacientista.

O artigo que Bianca Ayuri, Eduardo Ferraz, Guto Escobar, Maria Junqueira Benevides, Luca Scupino Oliveira e eu escrevemos procura fundar um novo conceito: o trans:humanismo. Separar com dois-pontos o prefixo *trans* do termo *humanismo* não significa apenas um jogo gráfico. Procuramos por meio desse grafismo sinalizar abordagens e caminhos diferentes para o debate transumanista atual. Um caminho alternativo que valorize de modo radical a transversalidade interespecista entre humanos e não humanos, e, ao mesmo tempo, critique a premissa de perfectibilidade, o melhorismo e a potencial eugenia subjacente às narrativas mais convencionais do transumanismo singularista. Para tanto, partimos das possibilidades pós-humanistas latentes em André Bazin, percorremos o universo excepcional de Donna Haraway e nos fixamos na obra de um cineasta crucial para esse debate: David Cronenberg. As relações entre quântica e trans:humanismo se estabelecem a partir das fronteiras ontológicas da indeterminação. Quântica e *queer*, a natureza vive de se exceder de si mesma e de frustrar as nossas expectativas de estabilização e de categorização. Por conseguinte, apenas um novo modelo, baseado em uma instabilidade e em uma flutuação infinitas, pode dar conta de fenômenos aberrantes. Observados pelas lentes trans:humanas do cinema, esses fenômenos aberrantes não seriam exceções, mas a regra da natureza.

O artigo de Fabio Fernandes por sua vez explora a presença do imaginário quântico na ficção científica. Para tanto, cria uma expressão bastante oportuna: recurso quântico. Usadas como recurso ficcional, as imagens quânticas frustram as expectativas de uma fidelidade laboratorial restrita, e, por conseguinte, invalidam as eventuais críticas que os cientistas possam fazer à ficção. O importante nesse caso não seria instrumentalizar a literatura, para demonstrar como ela explica as interpretações científicas. Usada como recurso, demonstradas ou não, todas as implicações presentes no campo quântico são legítimas dentro dos universos virtualmente infinitos da ficção. Para completar, além de importante pesquisador de *sci-fi* no Brasil, Fernandes é tradutor e ficcionista, com obras publicadas no exterior e reconhecidas por prêmios importantes na área de ficção científica.

A seção *Computação, Sistemas e Complexidade* se abre com um artigo bastante esclarecedor sobre os limites e possibilidades da complexidade computacional e da computação quântica. Fabiana Raulino da Silva, Rafael Diogo Rossetti e Reinaldo Augusto de Oliveira Ramos unem rigor técnico e generosidade didática em relação aos leitores não especializados nos detalhes matemáticos do assunto. Percorrem algumas das principais condições, alterações e impactos que a computação quântica apresenta em relação aos modelos computacionais atuais. Complexidade computacional e computação quântica se tornaram quase sinônimos nos debates mais difundidos. Isso gera dois desdobramentos importantes. A computação deixa de ser pensada apenas a partir das visões reducionistas estritamente matemáticas. E as teorias da complexidade se associam a um dos agentes mais poderosos do mundo atual. Este artigo potencializa ambas as áreas.

Há um aspecto muito pouco explorado na filosofia do direito: as relações entre direito e quântica. Trata-se de um paralelo controverso. Mesmo o livro *Direito Quântico*, de Goffredo da Silva Telles (2014), um dos mais importantes juristas brasileiros, causou estranheza quando foi publicado. E ainda hoje é de difícil definição dentro do quadro geral das teorias jurídicas. O artigo de Willis Santiago Guerra Filho e Paola Cantarini enfrentam com muita propriedade esse desafio. E lançam novas luzes sobre essa relação, explorando termos, usos, procedimentos, categorias e conceitos do direito à luz das indeterminações quânticas e dos desafios tecnológicos das IAs. Propõem assim uma ética quantizada. Ou seja: uma ética capaz de se subdividir e se imiscuir nos meandros mais sutis dos eventos em disputa e, desse modo, capaz de fornecer procedimentos práticos para o conceito de justiça.

Como se sabe, a seta de tempo, a vetorização da natureza e a submissão de todo universo à temporalidade é uma das bases da entropia. E a entropia e suas implicações continuam sendo centrais para compreendermos a autoorganização dos sistemas e as escalas de complexidade dos seres orgânicos e inorgânicos. O artigo de Marcelo Moreira Santos explora os limites do conceito de consciência quando confrontado com o campo quântico. Parte de um conceito-chave da complexidade: a irreversibilidade dos sistemas. E o explora em suas diferentes acepções a partir da *autopoiesis* e da recursividade, dentre outras.

O instigante artigo de Nelson Job atualiza uma antiga polêmica quântica: a dualidade onda-partícula. Esse problema da descrição ondulatória-particular da luz percorre a ciência desde Newton. Inspirado em

De Broglie, Einstein apresenta uma solução particular para os fótons. Entretanto, a indeterminação se reacende por meio da Mecânica Quântica. Desde então esse dualismo foi um problema ontológico e epistemológico para o campo quântico. A chamada Interpretação de Copenhague de Niels Bohr propôs uma solução a partir do conceito de complementaridade. E, como se tornou hegemônica, acabou marginalizando interpretações alternativas, como a onda piloto de David Bohm, a função de onda psi de Schrödinger, dentre outras. Tendo como pano de fundo a excepcional ontologia de Tim Ingold, Job reposiciona essas interpretações radicais que eliminam a partícula e concebem todo campo quântico como onda. E, de modo complementar, enfatiza o aspecto cultural da escolha dos modelos descritivos, trazendo à tona modelos fornecidos por textos sagrados e por conceitos da filosofia.

Pensando nesse contexto cultural mais amplo do campo quântico, Bruno Cava Rodrigues explora de modo arguto as implicações da quântica para as artes, as organizações sociais e a política. E, ao mesmo tempo, realiza o caminho inverso: como certas conjunturas sociais, econômicas e políticas teriam criado as condições de possibilidade para a emergência do campo quântico. Passando pela ruptura epistemológica representada pela Mecânica Quântica, Cava descreve como essa ruptura é antecipada pelas artes e por outros dispositivos discursivos não necessariamente científicos. E demonstra como esse cenário, quântico e global, construiu em certa medida os dilemas, impasses e fraturas que vivemos hoje, em todos os quadrantes do tecido social.

A seção *Ontologia, Cosmologia e Epistemologia* se abre com um artigo poderoso de André De Tienne. Coordenador editorial das obras completas de Charles Sanders Peirce, De Tienne se propôs especificar um novo conceito, situado nas fronteiras entre a semiótica, a biossemiótica, a ontologia, a cosmologia e a metafísica: a exelítica heurística. Oriundo do termo grego empregado para designar evolução, a exelítica incluiria o sentido de evolução da teoria darwiniana e da biologia, mas traria implicações necessariamente metafísicas para a compreensão não apenas da vida, mas do universo como um todo. Apoiando-se na arquitetura metafísica de Peirce, sobretudo em seus conceitos de tiquismo (prevalência do acaso), sinequismo (psiquismo distribuído) e agapismo (princípio unitivo dos seres em processo), além de propor uma ressignificação de termos clássicos da metafísica grega, a partir dos fundamentos da exelítica De Tienne lança os quadros conceituais de um projeto metafísico de amplas ressonâncias.

Dentro desse contexto da evolução do universo, o cosmólogo Mario Novello situa o papel fascinante desempenhado pelo vazio na cosmologia. Mundialmente conhecido por conta de seu modelo cosmológico de *bouncing*, sem singularidade, ou seja, sem a necessidade de um *big bang*, Novello esquadrinha a função essencial e ao mesmo contraintuitiva que o vazio adquire a partir da emergência da quântica. À medida que as interpretações quânticas postulam, como uma de suas principais premissas, uma prioridade do vazio em relação à matéria, a extrapolação cosmológica dessa premissa seria a concepção de um universo eterno, flutuando no vazio. Novello detalha então como a tentativa de fixar uma singularidade contradiz a necessidade imperativa desse vazio, que passa a ser negado ou denegado pelos cientistas. E, ao mesmo tempo, enfatiza o vazio como categoria precípua da cosmologia. Vazio que insta o universo à existência. Vazio que define que o universo não poderia não existir.

Esse vazio adquire ressonâncias metafísicas extremamente fecundas no artigo de Leandro Tibiriçá de Camargo Bastos. Partindo de um cotejo das obras de dois expoentes da filosofia contemporânea, Badiou e Deleuze, este mediado por Brian Massumi, Bastos explora os meandros complexos das relações entre ontologia e matemática. Parte de um axioma que Badiou extrai da matemática: o axioma da escolha. Esse axioma serve de base a outro axioma nuclear para a ontologia de Badiou: o axioma da intervenção. O axioma da escolha se articula aos transfinitos de Cantor. E nos coloca uma pergunta embaraçosa. Se todos os sistemas, proposições, enunciados, conjuntos e axiomas matemáticos e ontológicos dependem de uma escolha inicial decisória dentre os infinitos, como determinar a validade e a consistência lógica dessas escolhas mediante a adoção de outros axiomas, baseados em outras escolhas? O antigo problema dos graus de determinabilidade imanentes às descrições das condições iniciais de um sistema se apresenta aqui. E se apresenta potencializado, pois não se trata mais de definir a consistência de um sistema a partir de suas virtualidades ou a partir de outros sistemas. Trata-se de definir a consistência mesma do mundo no qual um determinado sistema foi axiomatizado. Esse problema se encontra desenvolvido na ontologia de Badiou, em sua ontologia matematizada que pressupõe multiplicidades sem a existência do Um e que descreve a lógica desses mundos paraconsistentes. O artigo de Bastos explora de modo brilhante as ressonâncias desse axioma da escolha e do axioma da intervenção. E como esse aparente paradoxo, dividido entre a tautologia estrutural, a necessidade lógica interna e a edificação da própria matemática, relaciona-se com a ontologia de Deleuze-Massumi, em suas implicações ontológicas, epistemológicas e políticas.

Analisando as implicações da quântica mais relacionadas à epistemologia, o artigo de Antonio Augusto Passos Videira e Rafael Velloso analisa o papel que a quântica desempenha na obra de um dos maiores filósofos da ciência do século XX: Paul Feyerabend. Polemista e desconstrutor ferino, crítico do establishment acadêmico e dos métodos usuais das ciências, definido por alguns como o maior inimigo da ciência, Feyerabend é um dos principais representantes do anarquismo epistemológico. E, como não poderia deixar de ser, as polêmicas em torno das interpretações quânticas foram um terreno fecundo para que essa personagem fascinante exercesse a sua antimetodologia radical. Videira e Velloso percorrem então diversos momentos da obra e da vida de Feyerabend, em suas idas e vindas críticas em relação a interpretações mais ou menos estabilizadas da Mecânica Quântica. Como se trata de um filósofo com formação em física, os argumentos de Feyerabend incidem sobre aspectos bastante técnicos do campo quântico e, ao mesmo tempo, possuem o distanciamento peculiar que caracteriza a filosofia. Posicionando-se assim simultaneamente dentro e fora da arena da ciência, Feyerabend se apresenta como curioso Gato de Schrödinger, simultaneamente presente-ausente de seus protocolos e convenções da ciência. Além de suas intervenções específicas no debate mais especializado sobre a quântica, essa postura de intelectual anfíbio tem se tornado cada vez mais urgente nos dias de hoje, nos quais a tecnocracia pervade cada vez mais o universo da ciência e nos quais cada vez mais a tecnociência naturaliza as relações entre ciência e tecnologia, borrando as suas potencialidades e especificidades singulares. Nesse sentido, o anarquismo de Feyerabend pode ser visto como uma maneira de encarnar as premissas quânticas não apenas em relação à natureza, mas em relação à própria ciência.

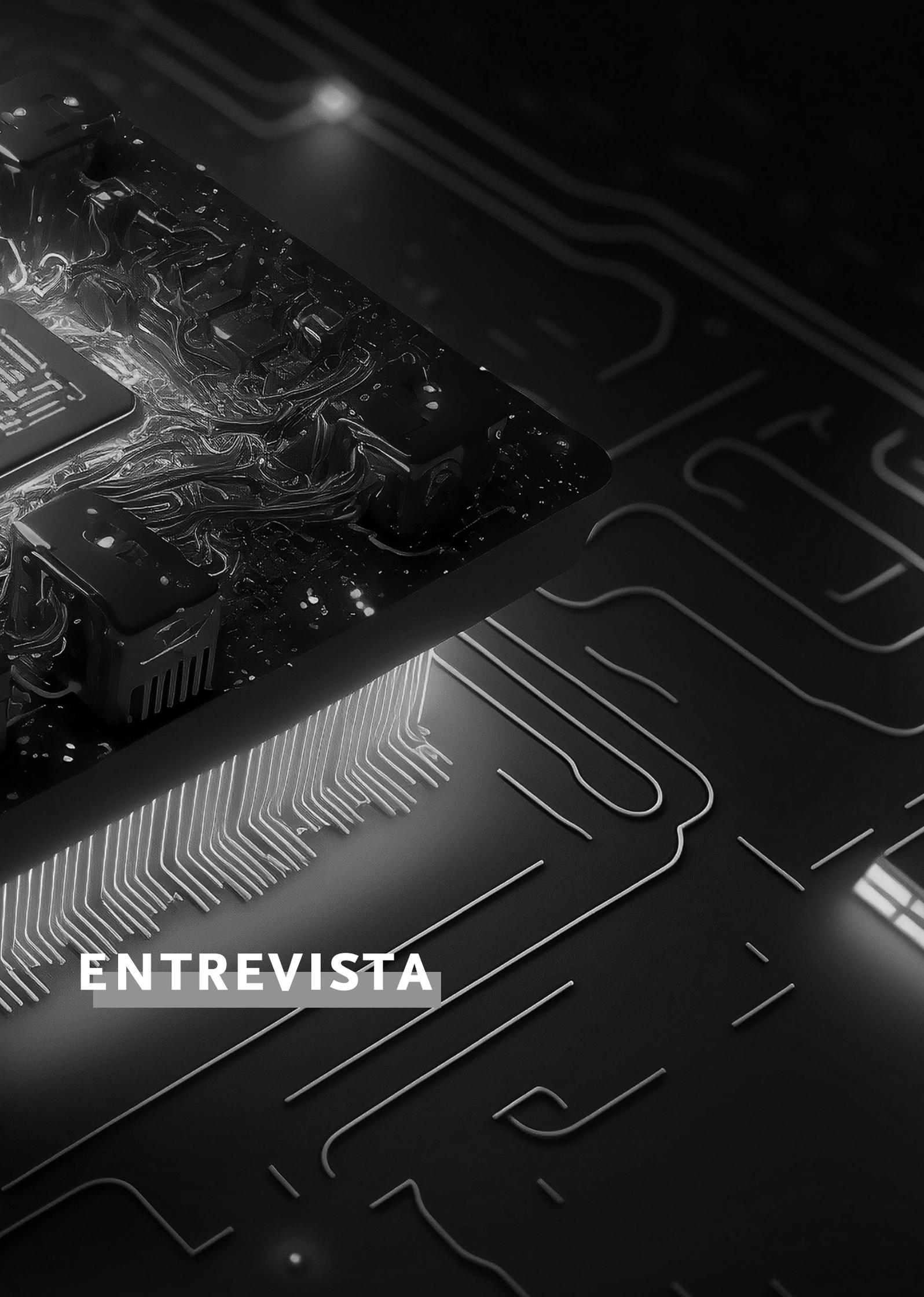
Há um diálogo subterrâneo entre os artigos de Rosa Mayorga e de André De Tienne. E podemos dizer que ambos são complementares. Enquanto De Tienne investiga os potenciais metafísicos de Peirce a partir da exelítica, Mayorga busca os fundamentos da metafísica peirceana na doutrina medieval da haecceitas de Duns Scott. A *haecceitas* é um dos conceitos mais potentes da história da filosofia. Foi criado por Scott para resolver o problema da indeterminação ontológica de uma forma alternativa às propostas dos realistas e dos nominalistas. Não por acaso, o retorno a Scott é um dos cernes das ontologias contemporâneas, de Deleuze a Heidegger, de Badiou a Agamben. Autoridade mundial em Peirce, Mayorga empreende esse retorno para compreender como a metafísica peirceana não contraria o método experimental da ciência moderna. Pelo

contrário, demonstra que a ciência moderna demanda necessariamente uma metafísica para justificar seus postulados, relativizar a positividade de seus conceitos e potencializar seus horizontes especulativos. Semelhante a Alfred North Whitehead, a William James e a Deleuze, Peirce teria tentado construir uma metafísica a partir da ciência moderna, sem a qual a cientificidade mesma da ciência correria o risco de se perder. Em uma intuição original, Mayorga posiciona o debate quântico na tradição investigativa do *ens quantum ens*, do ser como ser. Curiosamente, o termo *quantum* nessa acepção designa quantidade, como na acepção quântica. Mas também designa *como*. Pensar quanticamente os seres seria pensar os seres relacionalmente. Mediado por Peirce, o quantum relacional dos medievais e o quantum quantitativo da Mecânica Quântica apontariam para uma região de quantidades e qualidades emaranhadas. O imperativo relacional do campo quântico nesse sentido ajudaria a atualizar problemas ontológicos de milhares de anos, fornecendo novas abordagens, em alguns casos mais efetivas do que uma mera redução (medieval) da ontologia a uma *analogia entis* ou a uma mera redução (heideggeriana) da ontologia a uma distinção entre ser e ente.

Por fim, em meu artigo procuro introduzir o leitor em um novo campo de estudos que tenho desenvolvido: o gerativismo. Trata-se da segunda parte de um texto cuja primeira parte foi publicada no número 27 (2023) da TECCOGS. Essas duas partes são uma síntese de um projeto maior de fundação do campo gestativo, que se encontra em andamento e que será oportunamente publicado em livro. O campo gerativo se vincula a uma ciência: a genologia. A genologia é uma matriz que trabalha em consonância com outras matrizes nas quais tenho trabalhado: a mesologia, a topologia e a translogia. Todas constituem respectivamente os campos do *genos*, do *meson*, do *topos* e do *trans*. As gerações, os meios, os lugares e as transversalidades. Essas matrizes caminham paralelamente. Os fundamentos da topologia estão em meu livro *Oceanos*, que se encontra no prelo. Os fundamentos da mesologia se encontram em um original intitulado *Mesons* (Petronio, 2015). E os fundamentos das demais matrizes se encontram em processo de expansão e de formalização. Chamo-as de matrizes e não de teorias por causa da natureza não apenas conceitual e descritiva, mas performativa, transitiva e produtiva que elas pressupõem. Nesta segunda parte do artigo, procurei abranger alguns conceitos e operadores nucleares do gerativismo: o Vazio, o zero, os transfinitos, a replicabilidade, as mutações, o transversal e o Capital. Em termos simples, o gerativismo postula uma replicabilidade infinita de tudo que existe. E

essa replicabilidade é sempre uma replicabilidade de dados, entendidos como unidades das zonas intersticiais e indiscerníveis entre o natural e o artificial. Dentre diversos motivos, o campo quântico é essencial ao gerativismo justamente por causa de alguns elementos, tais como a racionalidade, o *continuum* e o discreto, a priorização das propriedades emergentes, a potencialidade de modelos complexos, a ruptura de ontologias fundadas sobre a unidade e a totalidade, a possibilidade de construção de cosmologias policêntricas, a inferência de muitos mundos-universos, o papel nuclear desempenhado pelo Vazio, dentre outros. Nesses termos, um modelo gerativo pode fornecer chaves de acesso às mutações de grandes magnitudes operadas pelo Capital no século XXI. Para compreender essas mutações, devemos redefinir os limites entre o discreto e o *continuum*. E distinguir as diversas modalidades de replicação. Esses limites e modalidades se processam nos confins infinitos do Vazio. Nesse sentido, diferente das atribuições de irracionalidade, de inconsistência e de misticismismo, o vazio quântico deveria ser compreendido em sua potência gerativa como um novo modelo de racionalidade e de razão. Uma razão gerativa não mais cartesiana ou transcendental. Uma razão abissal, transumana e inumana, e, justamente por isso, capaz de compreender e de desativar as dinâmicas devastadoras do Capital.

Por fim, as resenhas de Nelson Job e de Leandro Tibiriçá de Camargo Bastos concluem de modo sintético e preciso este Dossiê. A resenha de Job analisa a obra e as ideias de Milo Wolff a partir de um de seus principais livros: *Schrödinger's Universe*. Como foi tematizado por Job em seu artigo, o livro de Wolff propõe um modelo quântico que elimina as partículas e propõe pensar a matéria a partir do *continuum* das ondas. Para tanto, Wolff extrapola o campo da física e traz ideias das filosofias ocidental e oriental, de Espinosa e Leibniz a tratados indianos sobre a vibração. A resenha de Bastos examina o livro *Mind, Matter and Quantum Mechanics* de Henry Stapp. A partir dele, explicita a confluência entre modelos quânticos e modelos gerados pelas ciências cognitivas e pela filosofia da mente. Lidas de modo espelhado, as duas resenhas sinalizam que as maneiras mais produtivas de pensar o campo quântico preservam a estranheza e a excentricidade que desde o começo tem definido esse campo. Aprofundam a transversalidade que desde o começo o anima de modo incontornável. E enfatizam as convergências entre os quanta e os qualia, entre quantidades e qualidades, entre o *continuum* e o discreto, entre o orgânico e o inorgânico. A superação desses dualismos talvez seja o caminho de toda ciência, de toda arte e de toda filosofia futuras.



# ENTREVISTA

# Quantum e qualia: entre a teoria quântica e a filosofia da mente.

## Entrevista com Osvaldo Pessoa Junior<sup>1</sup>

Rodrigo Petronio<sup>2</sup>

Osvaldo Pessoa Junior é um dos pesquisadores mais destacados no Brasil em duas áreas de vanguarda da filosofia da ciência: a filosofia da mente e a filosofia da teoria quântica. Com graduação em Física (1982) e em Filosofia (1984) pela Universidade de São Paulo, mestrado em Física Experimental pela Universidade Estadual de Campinas (1985) e doutorado em História e Filosofia da Ciência na Indiana University nos EUA (1990), trabalhou em algumas universidades e centros de pesquisa: Centro de Lógica e Epistemologia da Unicamp (1991-3), Mestrado de Ensino de Ciências do Instituto de Física da USP (1994-6), Instituto de Estudos Avançados da USP (1997-9), Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (1999-2000, 2002) e Universidade Estadual de Feira de Santana (2001). Na Bahia, ajudou a criar a Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História da Ciência.

Atualmente é professor livre-docente do Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Tem experiência na área de Filosofia da Ciência, atuando principalmente em filosofia da física, modelos causais na história da ciência e filosofia da mente. Dentro dessas áreas, tem se dedicado aos seguintes eixos de pesquisa: Filosofia da Ciência (História da Filosofia da Ciência, Metafísica Naturalista e Filosofia da Mente e Autoorganização, Complexidade e Emergência), Fundamentos Conceituais da Física (Interpretações da Teoria Quântica,

---

<sup>1</sup> Professor titular de filosofia da ciência no Departamento de Filosofia, FFLCH, Universidade de São Paulo (USP). Graduação em Física (1982) e Filosofia (1984) pela USP, mestrado em física experimental na Unicamp, em 1985, e doutorado no Depto. de História & Filosofia da Ciência na Indiana University, EUA, com tese sobre o problema da medição na física quântica (1990). Publicou o livro *Conceitos de física quântica* (Ed. Livraria da Física, 2003). Desenvolve pesquisa em filosofia da física, filosofia da mente e “modelos causais em história da ciência”, além de se interessar por ensino e divulgação científica. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4191-1719>. E-mail: [opessoa@usp.br](mailto:opessoa@usp.br).

<sup>2</sup> Rodrigo Petronio é escritor e filósofo. Professor titular da FAAP, autor de mais de 20 livros. 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). Doutor pela UERJ/Stanford University, desenvolveu pós-doutorado sobre a cosmologia de Alfred North Whitehead (2018-2020) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD|PUC-SP), onde atualmente é pesquisador. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4473-2193> Site: [www.rodrigopetronio.com](http://www.rodrigopetronio.com) Contato: [rodrigopetronio@gmail.com](mailto:rodrigopetronio@gmail.com).

Filosofia da Física, Ensino de Física Moderna) e Abordagens Filosóficas à História da Ciência (Teorias de Desenvolvimento Científico e Modelos Causais em História da Ciência). Leia a seguir a entrevista exclusiva que Osvaldo concedeu para este dossiê da TECCOGS.

**Rodrigo Petronio (RP):** *Você tem duas grandes áreas de atuação: a filosofia da mente e a filosofia da teoria quântica. Como você tem visto os avanços em cada uma dessas áreas?*

**Osvaldo Pessoa Junior (OPJ):** Parece-me que o caminho a ser seguido pelos Estudos Científicos da Consciência, na vindoura revolução científica kuhniana que deverá ocorrer na área (englobando Neurociência, Psicologia, Psiquiatria e Filosofia da Mente), será o de estabelecer as leis psicofisiológicas que farão a ponte entre a descrição linguístico-quantitativa do encéfalo e a vivência das qualidades subjetivas. Tais leis deverão ser estabelecidas empiricamente, fazendo a ponte entre quantidade e qualidade. Neste processo, passaremos a entender melhor a natureza das representações mentais (tradicionalmente referido como o problema da intencionalidade), das tomadas de decisão (tradicionalmente o problema do livre-arbítrio), da construção do “eu” (identidade pessoal), de quais seres possuem consciência, além de uma ampla gama de problemas científicos mais específicos, como a produção dos sonhos, maiores detalhes sobre a memória, a natureza da esquizofrenia etc.

**RP:** *Quais são, na sua opinião, os principais desafios e tendências hoje em filosofia da teoria quântica?*

**OPJ:** Se a Filosofia da Mente vive um fervilhante cenário pré-revolucionário, a Filosofia da Física Quântica debruça-se sobre uma ciência normal onde os avanços não são muito frequentes. A Física, como um todo, ainda tem fronteiras revolucionárias e excitantes, como na Astrofísica e suas novas janelas instrumentais (detectores de ondas gravitacionais, de buracos negros, telescópios espaciais), a Física Biológica (que capitaneia a parte instrumental da Biologia Celular), Física de Nanomateriais etc. A reflexão filosófica sobre essas áreas são campos restritos, mas em expansão. Já a Filosofia da Física Quântica caminha a passos mais lentos, me parece. No Brasil, dentro da Filosofia, houve um crescimento expressivo do interesse nesta área na última década, mas geralmente acoplada ao estudo histórico dos pioneiros da Teoria Quântica. Há também uma área da Física, que podemos chamar de Fundamentos da Física Quântica,

que está bastante ativa, em função dos avanços em informação quântica, e que dialoga com questões mais filosóficas e conceituais. Quanto ao futuro da Filosofia da Física Quântica, como afirmei acima, aposto que os esforços dos fundamentos (em especial, teoria da medição quântica) aliado às novas técnicas experimentais da nanociência possam esclarecer problemas perenes, como o problema da medição.

*RP: Você indicaria trabalhos interessantes que estejam sendo feitos na interface entre teoria quântica e filosofia da mente? Quais os principais riscos da conexão entre duas essas? Em que medida essa interface seria imperativa para a solução de impasses de ambas?*

*OPJ:* Apesar de eu explorar Filosofia da Mente e Filosofia da Física Quântica, nunca achei fecunda a interface entre as duas áreas. Como eu já indiquei acima, creio que ocorrerá uma revolução teórica nos Estudos Científicos da Consciência, e é provável que elementos de Física Quântica acabem surgindo na descrição de processos em nível molecular. Porém, um dos pontos chave da nova Filosofia da Mente serão as leis de ponte ligando aspectos qualitativos (os qualia das sensações subjetivas) a aspectos quantitativos (descrições linguístico-matemáticas do estado encefálico), e a Teoria Quântica, sendo uma teoria matemática, quantitativa, não tem como tratar diretamente de qualidades.

*RP: As ciências da natureza há séculos reivindicam a objetividade como um dos pilares da racionalidade. Você tem se dedicado a pensar a ciência em suas constituições culturais. Chegou a publicar nesta revista um interessante artigo sobre o assunto. Quais seriam as alterações mais profundas que a introdução de variáveis culturais poderiam trazer para o corpus de procedimentos e para as conceituações da atividade científica?*

*OPJ:* Meu pensamento em Filosofia da Ciência não é pós-moderno, ele está mais para “moderno” mesmo! Considero que o esforço da metodologia científica é estabelecer conhecimento objetivo, no sentido de estabelecer fatos e leis experimentais bem aceitos e reprodutíveis pela comunidade científica, em um contexto “saudável” (pois há contextos “patológicos”, como o da biologia soviética da década de 1950, em que os preceitos metodológicos básicos são violados). Por outro lado, uma teoria científica é uma reunião mais ampla e complexa do que um mero enunciado empírico (referente a fatos ou leis empíricas). O que a Teoria Quântica mostra com clareza é que teorias científicas têm uma parte objetiva e uma parte interpretativa. No caso da Teoria Quântica, todos os

pesquisadores da área aceitam os resultados de experimentos como o da fenda dupla para a luz e para elétrons, aceitam a utilidade do formalismo dos estados quânticos, e suas regras de evolução (equação de Schrödinger, por exemplo) e de medição. Porém, há muito desacordo sobre como “interpretar” a teoria, sobre a natureza da realidade que existiria para além dos resultados observados, ou sobre se devemos evitar especular sobre esta realidade inobservável. Dentre as questões interpretativas está a de se a natureza é determinista ou tiquista (indeterminista), e o historiador da ciência Paul Forman identificou a tese do indeterminismo (“acausalidade”) como tendo sido imposta pelo contexto cultural da Alemanha de Weimar no nascimento da Teoria Quântica. Enfim, a cultura afeta as interpretações das teorias científicas, mas não a sua parte objetiva.

*RP: Os dois volumes de seu livro Conceitos de Física Quântica são uma referência fundamental para essa área no Brasil. Dentre diversas opções de abordagem, você escolheu a dualidade onda-partícula como ponto de partida. Como você vê a situação atual desse debate acerca do dualismo, na teoria quântica e na ciência em geral? Os paradoxos do dualismo estão prestes a serem superados?*

*OPJ:* Parece-me que a situação não mudou muito nos últimos cinquenta anos. O que tivemos a partir da década de 1980 foi o desenvolvimento de novas técnicas experimentais, que permitiram a detecção ponto a ponto de fótons e elétrons, os experimentos de apagador quântico e sua extensão para *quanta* correlacionados etc. A interpretação da complementaridade foi desafiada pelo experimento de Afshar no início deste século, mas pôde se ajustar salientando que o predicado “ondulatório” ou “corpúscular” se aplica não para o experimento como um todo, mas para diferentes trechos de um experimento. Em outra direção, há o esforço de vários grupos, especialmente o de Markus Arndt, de Viena, em conseguir superposições quânticas de macromoléculas. A tecnologia da informação quântica tem permitido montagens experimentais mais eficientes, como o do grupo de Roberto Serra da UFABC que realizou uma versão do experimento de Mach-Zehnder substituindo o espelho semi-refletor clássico por um dispositivo em superposição quântica. Em suma, os experimentos estão avançando paulatinamente, mas não parece ter havido ainda um grande impacto em termos de interpretação da Teoria Quântica, no que tange à dualidade onda-partícula.

*RP: Nesse caso específico, você acha que interpretações alternativas, como a de onda piloto (David Bohm) e a função de onda psi (Erwin Schrödinger), foram de fato superadas? Aproveitando o ensejo, o que você acha de*

*interpretações mais excêntricas da teoria quântica, como a interpretação de “muitos mundos” de Hugh Everett (a noção de matéria colapsada como base para o multiverso) e de “ordem implicada”, de Bohm?*

**OPJ:** Acho que as interpretações alternativas continuam tendo seus direitos na “democracia das interpretações”, onde elas podem habitar desde que não contradigam fatos experimentais. A situação é curiosa, porque provavelmente uma dessas interpretações está mais próxima da verdade, mas nós não conseguimos saber qual delas está. Ou seja, conhecemos a verdade, mas não sabemos distingui-la da falsidade. Eu, pessoalmente, inclino-me a considerar que a onda quântica de uma partícula individual é real, e que sofre colapsos.

**RP:** *A filosofia analítica marcou de modo profundo a filosofia da ciência nos séculos XX e XXI. Em alguns casos, tornou-se uma hegemonia institucionalmente incontornável. Como você vê as epistemologias da ciência no debate contemporâneo? Há uma maior diversificação de métodos e de vertentes? Há alguma predominância em suas áreas de especialização?*

**OPJ:** A Filosofia da Ciência certamente tornou-se mais plural nas últimas décadas. Há desde trabalhos mais alinhados com a Filosofia Analítica, que dominavam até a década de 1960, até trabalhos seguindo a virada historicista de Kuhn, Toulmin, Hanson, Lakatos etc., até abordagens próximas da Sociologia da Ciência e do Pós-Modernismo, passando por discussões mais técnicas limitadas ao interior de uma área da ciência, como a Filosofia da Física ou Filosofia da Biologia. Há uma vigorosa tradição francesa que é bastante influente no Brasil, e que talvez fuja do rótulo de “Filosofia Analítica”.

**RP:** *Os qualia continuam sendo uma das pedras de toque da filosofia da mente? Qual o papel decisivo que eles ainda continuam desempenhando na compreensão dos processos mentais?*

**OPJ:** Sim! Os *qualia* são muito enfatizados por concepções dualistas e espiritualistas. Já entre os materialistas atuais, há uma divisão entre duas correntes. Os materialistas de “tipo A” negam ou desinflationam os *qualia*, argumentando por exemplo que os *qualia* são uma “ilusão”. Já os materialistas de “tipo B”, como eu, aceitam que os *qualia* são reais, procurando conciliar as qualidades subjetivas com uma visão de mundo fisicista. O “fiscismo” ou “fiscalismo” é a tese de que tudo é físico (ou físico, químico e envolvendo mecanismos biológicos). Há dois sentidos básicos de “fiscismo”. O primeiro salienta a descrição linguística-quantitativa do

discurso científico e o fato de que medições experimentais fornecem apenas dados quantitativos e relacionais: o “físicismo-1” seria a tese de que tudo que existe pode ser representado dessas maneiras. É a aceção usada no experimento mental do quarto de Mary, e exclui a vivência de *qualia*. Uma aceção mais ampla procura definir “físico” como uma visão de mundo, geralmente um retrato do mundo disposto no espaço e no tempo (e na escala) e envolvendo apenas causas eficientes (não causas finais, ou intenções irreduzíveis): assim, nesta visão “físicista-2”, os qualia seriam “físicos” desde que possam ser localizados no espaço e no tempo, assim como qualquer ideia em nossas mentes (tais entes podem estar distribuídos em regiões mais extensas do espaço, não precisam ter localização pontual). Para explicar por que não são mensuráveis, uma explicação seria que são “propriedades intrínsecas”. Vislumbramos assim uma “física das propriedades intrínsecas”. Neste caso, também, teríamos uma versão materialista do “dualismo de propriedades”: não propriedades físicas vs. mentais, mas propriedades físicas relacionais vs. físicas intrínsecas.

*RP: Muito interessantes essas diferentes abordagens. Paul Churchland explora esse espectro de aceções materialistas, fisicalistas e dualistas. Nesse contexto, como você vê uma abordagem mais relacional-emergentista dos qualia?*

*OPJ:* Dizer que os *qualia* são propriedades emergentes é uma posição interessante, própria de um materialismo emergentista. Sendo não reducionista, esta posição parece implicar que em um nível mais fundamental, digamos físico molecular, não há nenhum rudimento de *qualia*. Isso se opõe à teoria do *mind stuff* ('material mental') de William Clifford (1878), que considerava que cada molécula tem um elemento protomental (o *mind stuff*), que quando combinados de forma complexa em cérebros, gera a consciência. Tal posição, oposta ao emergentismo, foi chamada por Chalmers de “panprotopsiquismo”.

*RP:* As culturalizações da teoria quântica assumiram e assumem diversas roupagens. Em algumas delas, utilizam a autoridade da ciência apenas como um meio de “legitimar” produtos. Essa operação se insere em processos mais amplos que temos vivenciado de conversão da ciência em pseudociência e, nos casos mais graves, de erosão das especificidades da ciência. Organizamos um evento no TIDD intitulado Horizontes Quânticos e que foi a gênese deste dossiê em dois volumes que organizo agora para a TECCOGS. Na sua conferência, você trouxe uma abordagem do chamado misticismo quântico que achei muito madura e contraintuitiva. Você o entende como uma oportunidade de um professor estabelecer um diálogo com os alunos. Um meio de os cientistas abrirem canais de comunicação com a sociedade e mostrar os caminhos alternati-

*vos da ciência. Você poderia comentar um pouco essa visão? Você já foi criticado por causa dessa abordagem?*

**OPJ:** Sim, de fato acho que a popularização do misticismo quântico, que ocorreu a partir dos anos 1980, é uma oportunidade didática para se ensinar Física Quântica de maneira conceitual, no Ensino Médio, dado que os alunos passaram a ter interesse especial por esta teoria. Uma vez ensinados os princípios da Teoria Quântica, pode-se explicar por que certas teses místico-quânticas são falsas. Penso especialmente na tese do livro *O segredo*, que afirma que mentes humanas podem se acoplar quanticamente em um estado emaranhado, e que a seguir o pensamento positivo de uma pessoa pode resultar em um colapso do estado mental da outra pessoa, de maneira a que a primeira pessoa seja favorecida. Esse interesse pelo misticismo quântico também é uma oportunidade para se discutir a pseudociência no Ensino Médio, tema muito importante na formação de cidadãos. Como mostrou o pesquisador Osvaldo Venezuela, o professor não precisa tomar partido na discussão sobre astrologia, premonição, telepatia etc., basta apresentar um texto a favor e outro contra para que aumente o senso crítico médio dos alunos.

**RP:** *Uma de suas linhas de pesquisa em filosofia da ciência é a linha da Auto-Organização, Complexidade e Emergência. Essa é hoje em dia uma de minhas principais áreas de trabalho. Sei que o debate é imenso e cheio de nuances. Em linhas gerais, quais você acha que podem ser as contribuições mais significativas dessa linha para a ciência, a filosofia e a sociedade em geral?*

**OPJ:** O sucesso desta área, a partir dos anos 1960, está atrelado ao aprimoramento da computação científica. Hoje em dia sistemas de todo o tipo são simulados computacionalmente, desde moléculas a ecossistemas, comunidades de insetos a sociedades humanas, terremotos a sistemas de células biológicas. A partir desta atividade, ideias filosóficas vieram a caracterizar diferentes aspectos dos modelos criados, como a ausência de um centro de comando e o papel das flutuações aleatórias (constituindo a auto-organização), estratificação dos sistemas em níveis entre o micro e o macro (associado à emergência de propriedades em nível superior), e a manutenção de regimes entre a ordem rígida e o caos térmico (indicador de complexidade). Há uma tradição forte mais organicista e holista, mas há também uma vertente mais mecanicista e separabilista. Em termos mais populares, o “pensamento complexo” consiste basicamente em você pegar uma atividade, como a Agronomia, e levar em conta as conexões com fenômenos de outras áreas relacionados com a atividade em questão, como a saúde, a economia, a poluição, o ecossistema. Esta atitude de tentar ao máximo conectar as diferentes áreas é bastante positiva para a sociedade.

**RP:** *Há alguma outra pesquisa sua que você gostaria de mencionar?*

**OPJ:** Sim. Dediquei bastante tempo para a exploração de modelos causais em história da ciência. Trata-se de um projeto que visa armazenar informação relativa à história da ciência em um computador, permitindo rodar simulações da história da ciência, obtendo assim uma classe restrita de “histórias contrafactuais”, ou seja, histórias possíveis que não aconteceram.

**RP:** *Que projeto excelente. Essas histórias contrafactuais podem ser acessadas em algum site ou plataforma?*

**OPJ:** Não. Conseguimos rodar uma simulação para a astronomia do Renascimento, explorando o que teria acontecido se o telescópio fosse inventado em 1538, ano em que Girolamo Fracastoro notou que duas lentes aumentam uma imagem, 70 anos antes da invenção factual do telescópio. Neste caso, a descoberta de que a órbita de Marte é uma elipse seria realizada 21 anos antes da data em que de fato foi. A referência do artigo é: Principia 20 (2016) 117-26.

**RP:** *O Chat GPT4 e outras IAs generativas têm produzido um alvoroço na sociedade. E têm produzido um debate muito intenso acerca dos limites e das noções de termos como mente, consciência, inteligência, cognição. Quais os principais impactos que essa avalanche das IAs pode produzir no campo da filosofia da mente?*

**OPJ:** Uma discussão é se uma máquina pode ter consciência. Os pesquisadores se dividem nesta questão. Os chamados “funcionalistas” defendem que todos os aspectos da mente surgem a partir da organização das partes do sistema, independente da natureza das partes. A visão antagonista defende que a materialidade da mente, ou seja, as células biológicas, é essencial para se ter consciência humana. Tendo a me alinhar com esta segunda posição, que pode ser chamada de “psicossustancialismo”. Mas as máquinas já passaram no “teste de Turing”: podem ser programadas para se comunicar como um ser humano e fazer o humano achar que se trata de outro humano. Outro avanço que vem surgindo é a possibilidade de um aparelho registrar minhas ondas cerebrais enquanto falo ou conto uma história, e a partir desses dados um programa computacional ser capaz de inferir o que estou pensando, mesmo sem eu falar. O curioso é que isso poderá ser feito antes de se resolver o problema científico da consciência.

**RP:** *A maioria dos cientistas que se dedicam às relações entre IA e mente acredita que a mente humana vai vir a ser superada por um supercomputador.*

*Entretanto, há algumas exceções de peso, como John Searle, com o argumento do quarto chinês, Roger Penrose, dentre outros. Diante do que você mencionou, você se situaria em um ponto intermediário?*

**OPJ:** Bem... Acredito que uma máquina irá superar a capacidade computacional do ser humano, e que a tese de Penrose (de que o insight de humanos não é reproduzível em uma máquina de Turing) é falsa. Porém, não acho que máquinas terão consciência, a não ser que um grande organoide cerebral (um cérebro artificial feito de células de mamífero) seja acoplado à máquina.

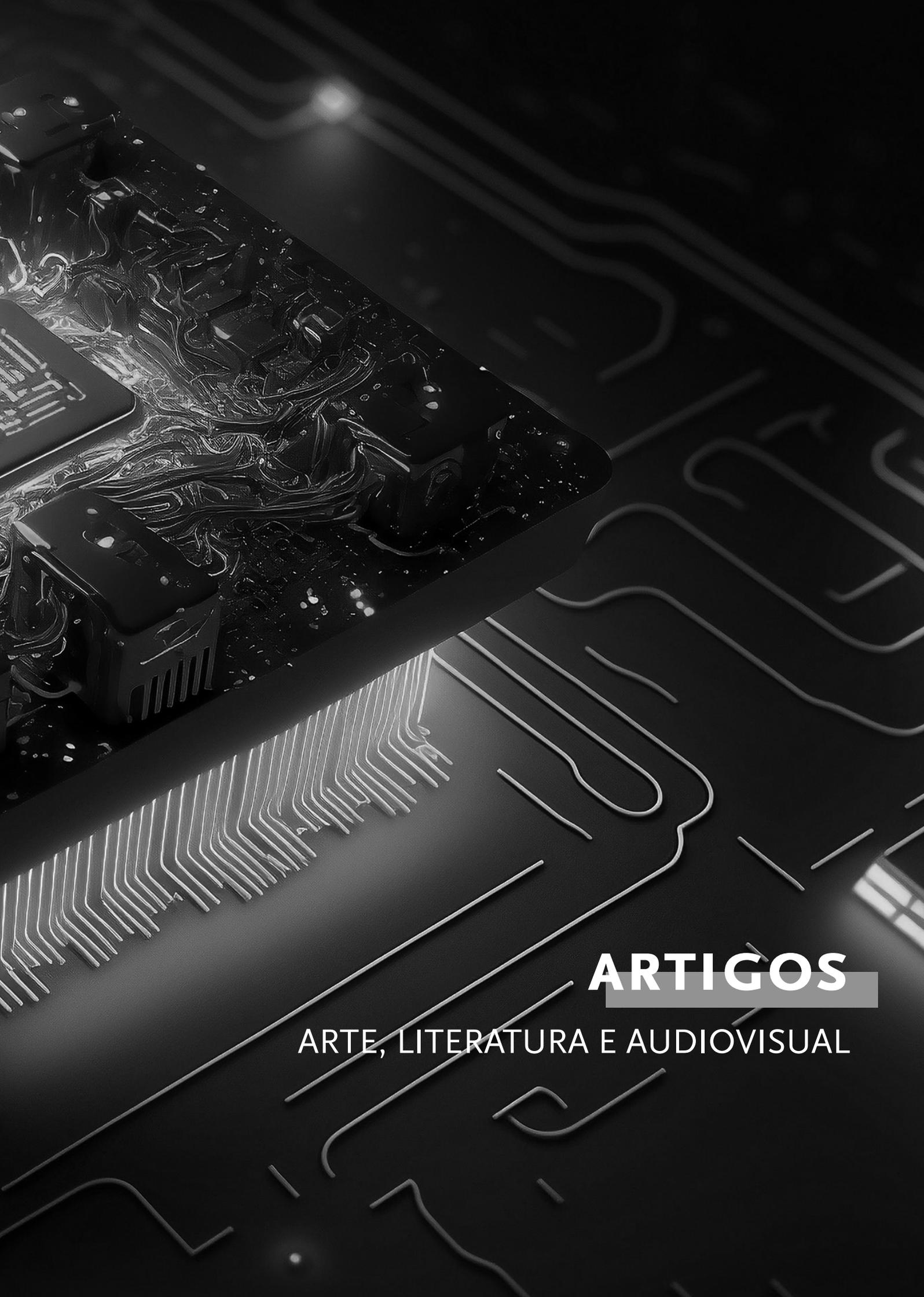
*RP: Algo semelhante a essa avalanche das IAs deve ocorrer nas próximas décadas com a emergência e a disseminação da computação quântica?*

**OPJ:** Dizem que sim, não é? Ainda não se sabe quando a tecnologia atingirá um estágio que venha a permitir um computador quântico mais poderoso. Mas se der certo, certamente será um grande avanço tecnológico!

*RP: O que você acha da transdisciplinaridade?*

**OPJ:** Valorizo muito! Vou considerar o termo em um sentido mais genérico, sem entrar nas definições mais precisas dadas às palavras inter-, multi-, pluri- e transdisciplinar. A área em que atuo, a História & Filosofia da Ciência, é bastante transdisciplinar, unindo Ciências Humanas e a área das Ciências Naturais (ou Humanas) sendo estudada. A pesquisa em Filosofia da Ciência da Mente e do Encéfalo, na qual venho trabalhando mais recentemente, sugere implicações radicais para as ciências naturais: há aspectos reais da vida mental que não são diretamente descritíveis em termos linguísticos e matemáticos, quais sejam, as qualidades subjetivas, ou qualia. Como argumentei acima, a definição usual de “físico” exclui os qualia de seu escopo, mas é interessante alargar o termo para incluí-los, enquanto “propriedades intrínsecas”, diferentes das propriedades relacionais a que temos acesso em medições. Este seria então um exemplo de pesquisa transdisciplinar.

*RP: Que a transdisciplinaridade cresça cada vez mais. Muito obrigado pela excelente entrevista!*



# ARTIGOS

ARTE, LITERATURA E AUDIOVISUAL

# Traços quânticos na cultura: incerteza criadora

Diana Maria Gallicchio Domingues<sup>1</sup>

Pedro Gabriel Ubatuba de Faria Denega<sup>2</sup>

**Resumo:** A formulação da teoria quântica, em meados do século XX, configurou uma série de mudanças em domínios científicos e culturais. A partir da perspectiva das artes, analisamos algumas proposições da física quântica como a incerteza em bases probabilísticas e estados emergentes, que alteram nossa visão da realidade, destacando seu impacto filosófico, histórico, epistemológico e antropológico. O trânsito entre conhecimentos de vários domínios e temas entre arte e tecnociência, dialogando com as tecnologias, gera a transdisciplinaridade que rege o conhecimento dos dias atuais de natureza pós-biológica. Questões que extrapolam o existir natural com tecnologias acrescentam à mecânica clássica elementos componentes próprios das revoluções quânticas, que, ao mesmo tempo, servem como pensar artístico e ressignificam os modos de viver em uma humanização e naturalização das tecnologias por diferentes tipos de interfaces. Abordamos exemplos autorais de experiências passadas da aplicação de sensores, softwares de sistemas inteligentes dotados de respostas gerativas e autônomas, chegando aos sistemas enativos afetivos, em mútua relação entre organismos, dados e ambiente, num outro tipo de ecossistema. O ensaio faz também uma análise histórica de alguns autores fundamentais no campo da mecânica quântica e suas bases para a arte e tecnociência. Objetiva-se iluminar a intrincada e muitas vezes ignorada relação entre arte, tecnologia e física moderna, destacando o impacto cultural e a inovação epistemológica que surgem da física quântica e o fim das certezas.

**Palavras-chave:** arte e tecnociência; física quântica; sistemas interativos e enativos; ciência da interface; transdisciplinaridade.

---

<sup>1</sup> Fundadora e diretora do LART e pesquisadora colaboradora no Instituto de Computação da UNICAMP. Com doutorado em Comunicação e Semiótica pela PUC/SP e pós-doutorado em Arte & Tecnologias da Imagem na Universidade Paris VIII, Professora Colaboradora Plena Sênior do Programa de Pós-Graduação em Eng. Biomédica – FGA Universidade de Brasília – FGA (2010) e do PPG em Ciências e Tecnologias em Saúde – UnB Ceilândia. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0419-5098>. E-mail: [dgdomingues@gmail.com](mailto:dgdomingues@gmail.com).

<sup>2</sup> Graduando em Física (bacharelado) na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista de Iniciação Científica com o projeto “Análise de Interações de QS-21 com Simulações de Dinâmica Molecular”. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-6641-4839>. E-mail: [pedrodenega@gmail.com](mailto:pedrodenega@gmail.com).

## **Quantum traces in culture: Creative uncertainty**

**Abstract:** The formulation of quantum theory in the mid-20th century brought about a series of changes in scientific and cultural domains. From the perspective of the arts, the paper analyzes some propositions of quantum physics, such as the uncertainty on probabilistic bases and emergent states, which alter our view of reality, highlighting their philosophical, historical, epistemological and anthropological impact. The transition between knowledge from various domains and themes between art and technoscience, dialoguing with technologies, generates the transdisciplinarity that manages the current knowledge of a postbiological nature. Questions that go beyond natural existence with technologies add to classical mechanics elements that are components of quantum revolutions, which, at the same time, serve as artistic thinking and resignify ways of living in a humanization and naturalization of technologies through different types of systems and interfaces. We address authorial examples of past experiences in the application of sensors, intelligent systems software with generative and autonomous responses, and even affective enactive systems, in a mutual relationship between organisms, data and the environment, in another type of ecosystem. The essay also provides a historical analysis of some fundamental authors in the field of quantum mechanics and their foundations for art and technoscience. The aim is to illuminate the intricate and often ignored relationship between art, technology and modern physics, highlighting the cultural impact and epistemological innovation arising from quantum physics and the end of certainties.

**Keywords:** art and technoscience; quantum physics; enactive systems; interface science; transdisciplinarity.

*Com o advento da mecânica quântica,  
o mundo passou de engrenagem  
precisa à loteria cósmica.  
Ian Stewart (1993)*

## **Um pouco sobre horizontes da física quântica**

Ao falarmos em horizontes de uma cultura, estamos propondo para além do abstrato, do filosófico, acentuando algo de natureza física, presencial, ou seja, um cenário para os atos do cotidiano. Queremos reforçar o estar no mundo por modos de viver com a consciência reenquadrada pela presença das tecnologias nos atos diários. No caso da cultura quântica, em bases de um existir pós-biológico, expandido por tecnologias de cognição incorporada a sistemas, não é mais um horizonte como linha definida, imóvel e inerte. O existir expandido na sua horizontalidade tranquila e ações deterministas se altera para viver em saltos de realidades mutantes, estados disruptivos, longe das certezas e da rigidez do imóvel, do fixo e do definitivo. Trata-se de um horizonte, fora da linearidade, para um estado de devir de natureza física, como mundos possíveis e de consciência reenquadrada. Joga-se com a probabilidade própria da física e de seus fenômenos, indo para além da mecânica clássica, para afirmar acidentes, episódios e acontecimentos que alteram a noção de organismo, e de cenários como lugares determinados e definidos. São modos de existir que assumem a imprevisibilidade, a mutabilidade e estados emergentes por presenças conectadas a tecnologias e regidas pelo princípio da incerteza, como propõe Prigogine (1996). Nada mais atrativo para o artista do que pensar esses mundos possíveis, surpreendentes, incríveis, estranhos, que convidam à imaginação da realidade como ela pode ser.

Desde a antiguidade, vemos as descobertas da então chamada filosofia natural levar a grandes evoluções em outros campos do conhecimento e na produção cultural, em termos técnicos, hoje ampliados pelos sistemas e suas lógicas operacionais, e na segunda geração da interatividade por sistemas com autonomia e inteligência. Hoje estamos imersos em mundos que mesclam dados com qualidades físicas em ações locais, ubíquas, expandido o estar e agir. Ontologias e epistemologias renovadas têm a arte como um grande laboratório para a ciência. A partir do desenvolvimento científico e tecnológico, conseguimos dar novo olhar a experimentos e a fenômenos naturais, que nos permitem traçar padrões estéticos e a encontrar potencial artístico no que antes era ignorado, ou até invisível e inimaginável.

Na verdade, poucas coisas são tão associativas quanto a arte e a compreensão da natureza. A física moderna, contudo, rompe com paradigmas da mecânica clássica a partir da Teoria da Relatividade de Einstein e da Mecânica Quântica. Essa última, objeto de estudo do presente artigo, inunda o meio artístico de uma outra temática: uma visão de mundo menos determinista e menos objetiva, uma vez que, por séculos, cientistas e filósofos acreditavam em um mundo de leis fixas e imutáveis em que, com as informações necessárias, poderíamos prever perfeitamente qualquer fenômeno. A arte estava presa a suportes, definida em narrativas e não se abria a cópulas estruturais com linguagens de criação. Um mundo se abre com as contribuições da física quântica. Segundo a Interpretação de Copenhague, proposta em 1927 por Bohr e Heisenberg para explicar a teoria quântica, há um paradoxo em tentarmos explicar as experiências obrigatoriamente pelos moldes da mecânica clássica, mesmo que sejam limitadas pelo princípio da indeterminação. A física quântica abraça, portanto, a probabilidade da ocorrência de determinado fenômeno como resposta, não pela falta de conhecimento de variáveis desconhecidas, mas pela interação entre observador e experimento e a própria incapacidade de mensura exata. Isso coincide com a superação da relação sujeito/objeto, a alteração da noção de autor e obra, imagem/objeto/espectador. Ou seja, a arte clássica e mesmo as mídias se apresentam de forma definitiva sobre diferentes suportes, ou mesmo para fotografia, congelando momentos da realidade, ou ainda no cinema em narrativas determinadas para serem interpretadas diante de telas, como um espectador que está fora da cena, assistindo e interpretando. Os sistemas de feedback, a partir das tecnologias, nas trocas de *input* e *output* vêm e se instalam para reforçar o princípio de ocorrência da física em mundos a serem experimentados. É a arte do episódio, dos acontecimentos, sem limites de horizontes fixos e imutáveis, a arte da incerteza.

É válido destacar que, na Mecânica Quântica, o Princípio da Incerteza, em sua natureza estatística, nos permite algum grau de previsibilidade dos acontecimentos. Contudo, é evidente a revisão da causalidade e do determinismo, como destacou Albert Picot, em questionamento direto a Heisenberg em uma conferência em Geneve. No mesmo painel de debate, o físico alemão, em resposta a René Schaerer, compara o pensamento de Descartes, pai do racionalismo moderno (representado pela frase clichê “penso logo existo”), com uma partida de tênis por suas jogadas precisas, mas destaca a importância da causalidade no desenvolvimento científico desde Newton. Segundo ele, a física moderna é constituída por “uma fu-

são de finalidade e causalidade”, ou seja, há limites para o conhecimento objetivo humano, inclusive nas ciências exatas. Isso, claro, tem profundas implicações filosóficas que convergem para o tema central da discussão, e não deixam ignorar a complexidade das proposições quânticas.

A estranheza da teoria quântica é bem ilustrada pelo famoso experimento de dupla fenda, como descrito por John Polkinghorne em seu livro de divulgação científica *Teoria Quântica, uma Breve Introdução* (2011). A experiência consiste em um feixe contínuo de elétrons que, um a um, atravessam uma tela com duas fendas, que depois colidem em uma placa fotográfica, deixando, ao final, um padrão de difração com franjas claras e escuras, comum às ondas. Além de ressaltar o exemplo de dualidade onda/partícula, somos introduzidos ao princípio da sobreposição, uma vez que dizemos que um elétron passa por ambas as fendas ao mesmo tempo, pois só poderá haver padrão de interferência se puder passar por qualquer uma das duas. O estado do movimento, logo, é a adição das duas situações. Como consequência, perde-se a clareza do que ocorre ao longo do processo e se torna impossível prever os acontecimentos com exatidão em uma observação. Sobre isso, escreve o autor:

Suponha que modificássemos o experimento da fenda dupla colocando um detector próximo a cada uma das fendas de modo que fosse possível determinar por qual fenda o elétron passou. Acontece que essa modificação traria duas consequências. Uma delas é que, algumas vezes, o elétron seria detectado próximo à fenda A e, em outros, próximo à fenda B. Seria impossível prever onde ele seria encontrado em qualquer ocasião especial, mas, durante uma longa série de testes, as probabilidades relativas associadas às duas fendas seria de 50-50. Isso ilustra que, na teoria quântica, as previsões dos resultados de mensuração são estatísticas por natureza, e não deterministas. (...) A outra consequência seria a destruição do padrão de interferência na tela final. (Polkinghorne, 2011)

Na mesma direção, coloca-se o famoso experimento mental do Gato de Schrödinger, inicialmente de forma satírica, em que um gato preso em uma caixa está em sobreposição entre os estados de vivo e morto até que a caixa seja aberta. Com isso, um intrigante questionamento filosófico surge: o observador é capaz de construir a realidade? Apesar da física se referir ao observador como qualquer instrumento de laboratório, e não à consciência humana, distante de romantizações criadas pelos entusiastas de ficção científica, tiremos alguma licença poética para tratarmos de uma ideia tão universal e plenamente aplicável à arte, transcendendo o rigor das ciências exatas. Qual a relação entre a realidade artística e o “espectador”? Sabemos que na atualidade, a arte dissolve a noção de observador,

seja pela sua ação na extração de significado ou pela sua atuação na própria construção da obra por meio da interatividade, como abordaremos. O fato é que várias são as conclusões que podemos tirar a partir dessa pergunta que, apesar da reformulação filosófica, parte de uma visão de mundo fortalecida pela física moderna. O espectador incluído no fenômeno ou ação.

Por mais que agora a física quântica nos evidencie um lado implícito e pouco intuitivo da realidade, baseado na probabilidade em vez da certeza, isso não é uma barreira, mas um estímulo para a arte, que sempre se dispôs a quebrar os limites da obviedade. A imaginação do artista visa explorar dimensões de difícil acesso aos sentidos humanos e até mesmo aquelas concebidas pela própria imaginação. Teorias científicas estão subjacentes e se encontram na história da arte como em Dalí e ou Escher, Julian Voss-Andrae, famoso por suas esculturas que “somem” a partir de certas perspectivas, entre tantos outros exemplos. Abraçando a visão indeterminista, o comportamento humano e acontecimentos experienciados a partir de tecnologias interativas e enativas abrem a existência para além dos próprios instintos, oportunizando realidades efêmeras que contrariam o racionalismo extremo, como propõe António Damásio (1994).

Não é exagero dizer que a mecânica quântica revolucionou o mundo além da física, inclusive em termos práticos. O seu advento deu também aos artistas acesso a novas escalas para investigar fenômenos, chegando a níveis subatômicos e em explicações de eventos macroscópicos que crescem elementos, ganhando valor visual sob uma ótica criativa e surpreendente. Por sua vez, a arte se mostra uma valiosa aliada na produção de simulações e modelos gráficos para fenômenos e objetos, antes visualmente inacessíveis e inimagináveis.

### **Do contexto e contaminação transdisciplinar**

Nesse contexto, as circunstâncias produtivas determinam a transdisciplinaridade com temas e objetos comuns a várias áreas, suas metodologias, seus princípios e, sobretudo, na dissolução do papel de artista e cientista, que revela seu lado mais profundo e distribuído por meio da tecnologia. A revolução quântica, ainda no século passado, desencadeou uma explosão no desenvolvimento tecnológico sem precedentes, contribuindo para a criação de ferramentas e sistemas que, hoje, são indispensáveis na produção artística. Por mais que a aplicação de alguns aparelhos presentes em nosso cotidiano pareçam ser governados exclusivamente

pela mecânica clássica por sua trivialidade, sua funcionalidade obedece a princípios sofisticados de física moderna. Mais do que isso, a arte com pressupostos da física e dos fenômenos existenciais é capaz de humanizar as tecnologias, demonstrando sua utilidade e a capacidade de despertar a afetividade com a utilização de processos consequentes das revoluções tecnológicas que serão abordadas na produção de obras e que ressignificam a realidade. Esse tema será desenvolvido em seção específica.

Considerando-se fundamental traçarmos a história das tecnologias quânticas, partindo dos primórdios da teoria, o presente texto explora a relação da arte com as tecnologias, sua humanização e naturalização a partir de uma visão indeterminista e transdisciplinar. Buscamos, também, traçar paradigmas para a arte, a partir de diferentes gerações de tecnologias quânticas.

### **Revolução quântica: da compreensão da matéria aos avanços tecnológicos**

O entendimento da constituição da matéria ainda é, na verdade, bastante recente, apesar das primeiras propostas atômicas remeterem aos pré-socráticos, como Demócrito e Leucipo, podendo-se dizer que só tivemos um entendimento razoável da composição do átomo a partir da segunda década do século XX, com a proposição do modelo atômico planetário de Rutherford, que previa uma eletrosfera envolvendo um núcleo de cargas positivas, contendo a maior parte da massa do átomo. É notável que o modelo de Rutherford gera um grande problema à mecânica clássica, afinal, como os elétrons (de carga negativa) não colapsam no núcleo (de carga positiva)? Coube ao físico dinamarquês Niels Bohr propor uma solução com base em uma nova física que surgia: a teoria quântica.

Em dezembro de 1900, Max Planck, em um encontro da Sociedade Alemã de Física, sugeriu que a radiação de corpos negros poderia ser explicada de maneira discreta por meio de quanta (pacotes de energia), não contínua como no modelo clássico de Rayleigh-Jeans, que só concordava com dados experimentais em frequências abaixo do pico. Outra importante descoberta fora a lei do efeito fotoelétrico por Einstein em seu *Annus Mirabilis* de 1905, que para entender como a radiação eletromagnética arrancava elétrons de uma superfície metálica, tratou da natureza corpuscular da luz, cuja partícula seria, mais tarde, chamada de fóton. Segundo o próprio Einstein, “a ideia mais simples é que um quantum de luz transfere toda a sua energia a um único elétron: vamos supor que é isto que acontece” (Nussenzveig, 2014).

Assim, aplicando esses mesmos conceitos para o átomo, definiu-se que os elétrons estão dispostos em órbitas com níveis de energia quantizados em um modelo semiclássico. Um modelo atômico quântico, o mais aceito atualmente, viria em 1926 por Erwin Schrödinger. Para Richard Feynman, “o acúmulo gradual de informações sobre o comportamento atômico gerou uma confusão crescente, enfim resolvida em 1926 e 1927 por Schrödinger, Heisenberg e Born. Eles finalmente obtiveram uma descrição coerente do comportamento da matéria em pequena escala” (Feynman, 2023). As teorias de quantização de 1900 até esse período são, inclusive, chamadas de Antiga Teoria Quântica, mas, para alguns críticos mais contundentes, a década de 1920 é que marca o verdadeiro nascimento da física quântica.

O ponto é que compreender o funcionamento da matéria e da luz no nível quântico foi essencial para podermos manipulá-la, usando de tais princípios em nosso favor em tecnologias das mais sofisticadas às mais triviais. Os dispositivos criados a partir das descobertas desse ramo da física nas primeiras décadas do século passado, aproveitando de fenômenos naturais por ela explicados, fazem parte da chamada tecnologia quântica de primeira geração.

A partir do efeito fotoelétrico e da concepção do fóton, por exemplo, tivemos uma infinidade de novas criações e ajustes, como câmeras fotográficas, o laser, a fotocópia, diferentes tipos de sensores, células solares para a produção de energia e o GPS. Do mesmo modo, destacam Dowling e Milburn que “o entendimento do comportamento ondulatório do elétron nos permitiu desenvolver semicondutores e, conseqüentemente, a produção de chips e toda a indústria que movimenta a atual era digital, ao passo em que vemos a redução nanométrica dos objetos e uma melhora estrondosa na eficiência de outros mecanismos” (Dowling; Milburn, 2003). Segundo os autores, a tecnologia quântica, para assim ser considerada, deve estar calcada em princípios tais quais a quantização, o princípio da incerteza, a superposição quântica, entrelaçamento e decoerência. Em contraponto aos exemplos dados, a atual segunda revolução quântica apresenta uma nova geração de tecnologias em que o serhumano abandona um papel passivo sobre os fenômenos físicos e passa a aplicá-los ativamente em produções artificiais, indo muito além da manipulação das propriedades presentes na natureza, chegando ao domínio dos próprios princípios ditados pela física quântica.

A segunda revolução quântica é marcada pela ciência da informação quântica (QIS, da sigla em inglês), englobando computação e comunica-

ções. Essa nova onda de desenvolvimento promete, sobretudo, uma capacidade muito maior de processamento de informação se comparado com as atuais tecnologias advindas da primeira revolução quântica (Deutsch, 2020), assim como maior segurança e precisão de sensoriamento. Apesar de caminhar a passos largos, a computação quântica ainda é considerada recente e pouco acessível (apenas poucas Big techs possuem computadores quânticos), entretanto, já aprofunda, há alguns anos, seu estudo em uma nova geração de algoritmos e criptografia, levando ao surgimento de sistemas híbridos que hoje se misturam organismos com dados e o híbrido do mundo da matéria, ao que chamamos sistemas biocíbridos (Domingues, 2010).

### **Arte como sistema humanizador da tecnociência: consciência reenquadrada**

Nada é tão recente. Em paralelo a abordagens tecnicistas das tecnologias nos anos 1980 e 90, grupos de filósofos, cientistas e artistas discutiam a presença das tecnologias em nosso contexto, sob o tema central da humanização. Em 1995, no Brasil, organizamos o evento A Arte no Século XXI: A Humanização das Tecnologias, considerado *landmark*, para o nosso contexto. A exposição e simpósio sob o mesmo tema, resultam em publicação específica, numa antologia com textos seminais, fonte de consulta intensa em todas as áreas. Por sua vez, em julho de 1997, participamos no Centro de Investigação Avançada em Artes Interativas (CAiiA), da Universidade do País de Gales, da primeira conferência “Consciência Reenquadra”, com curadoria de Roy Ascott. O filósofo Stephen Jones (2000) escreveu para o *Leonardo Journal* o artigo “Towards a Philosophy of Virtual Reality”. Tratou sobre obras de artistas no evento e focou na questão central da humanização das tecnologias. Ressaltou que ninguém tinha uma definição sobre o tema, mas o termo forneceu um grande estímulo para explorar ideias sobre a consciência: da neurofisiologia à inteligência artificial, da percepção extrassensorial às práticas de transe xamanístico, da Internet às instalações de RV (Realidade Virtual) e das formas construídas de ver ao papel da geometria na pintura. O interesse central foi discutir e tentar entender nossas atividades criativas com tecnologias. E desde aqueles inícios, surge a necessidade de “humanizar” a tecnologia, considerando aspectos biológicos e emocionais do nosso existir pós-biológico. Logo foi considerada a noção de *feedback* e questões de auto-organização para explicar nossas ações e consequências do que fazemos nesse existir expandido com sistemas artificiais mistura-

dos à vida. Assim, “humanizar” a tecnologia, e as consequências do que fazemos em outro tipo de existir, reforça a ideia de consciência e emergência. Aqui vamos chegar nos pressupostos do filósofo Daniel Dennett (1992), que defende a ideia de *emergence* para o estudo da consciência humana “control and communication in the animal and the machine”, propondo o mundo como um grande mecanismo ou sistema de feedback com tecnologias que ultrapassam as máquinas, ligadas à física e à mecânica clássicas, e lidando com “machines having features”. Um sistema que responde e se comporta como um sistema vivo, tendo organismos conectados, e o sistema replicando de maneira biológica, influenciadas por sinais artificiais: outro mundo intersticial então aparece, misturando carbono e silício. O corpo/sistema numa cópula estrutural (Maturana; Varela, 1980) fornecendo alguns comportamentos entre agentes artificiais e agentes naturais, organizando um ambiente complexo pelas trocas baseadas em interfaces de trabalho que conectam o corpo com o mundo artificial. O autor registra também que, em meu artigo “O Deserto das Paixões e a Alma Tecnológica”, é apresentado o potencial da RV para trazer à tona estados xamânicos. E compara esse potencial à ideia do deserto como um lugar para perder o eu, uma tela na qual nossos sonhos e desejos podem ser projetados, dando-lhe assim um papel na prática xamânica ou nas culturas antigas, tanto quanto tem um papel na cultura contemporânea (como evidenciado pelos muitos filmes em que o deserto aparece quase como um personagem). Segundo Stephen Jones, para Domingues a produção em RV é uma ação criativa ou um caminho de perder e encontrar o ego. No caso, falou de minhas intenções ao fazer instalações interativas para as pessoas experimentarem a propagação da consciência em uma reação orgânica / inorgânica. Interfaces e redes neurais fornecem comportamentos inteligentes, gerenciando sinais do corpo em ambientes sensorizados. Na época, o ritual eletrônico e o transe, interligados à memória eletrônica como “alucinação virtual”, é produzida uma experiência xamânica por meio de um estar interativo. Os participantes se tornam xamã, permitindo-lhes “se comunicar com o além e intervir no mundo real porque dialogam com os espíritos”. Os comportamentos dos participantes nesse caso determinam a vida do ambiente.

Essa obra emblemática, que em 1997 já utilizou sistemas inteligentes de uma rede neural artificial e sensores de presença e localização, responde a interações com uma parede de projeções da Pedra do Ingá. O ambiente se auto-organiza, com tecnologias que se recriam pela ação dos corpos e por visões em estereoscopia. Jones ressalta: “A artista brasi-

leira Diana Domingues sistema replicando vias biológicas influenciadas por sinais artificiais: surge assim outro mundo intersticial, misturando carbono e silício” (Jones, 2000). A cópula estrutural corpo/sistema (Maturana; Varela, 1980) proporciona alguns comportamentos entre agentes artificiais e agentes naturais, organizando um ambiente complexo pelas trocas baseadas no trabalho de interfaces que conectam o corpo com o mundo artificial”. Para Domingues, a produção criativa é um caminho de incertezas pelo se perder e se reencontrar.

Aqui vemos o fim do fixo e imutável, antes tidos como verdade, tanto na ciência clássica como na arte. A perda da crença na previsibilidade total com o advento da física moderna, a partir da dualidade onda-partícula e do princípio da incerteza na mecânica quântica, bem como a ressignificação de tempo e espaço com a mecânica relativística, parecem acompanhar a desconstrução de valores e da objetividade na filosofia e na arte contemporâneas. Esse fato não se trata apenas de sua conceitualização, ainda questionável, mas sobretudo pela auto-organização e autonomia resultantes das conexões com sistemas que misturam o natural e o artificial e modificam o conceito de realidade e os modos de existir.

Um ambiente transdisciplinar de produção se impõe pelo rompimento dos limites reducionistas a partir da transposição entre disciplinas, fazendo com que várias áreas do conhecimento e objetos de estudo se aproximem na ampliação do saber e na construção de diferentes níveis de realidade. Tal fator propicia, como defende o físico Alfredo Gontijo de Oliveira, uma abordagem para a exploração de propriedades emergentes, aquelas que surgem da interação entre as partes de um sistema, resultando em algo maior do que a soma das partes (De Oliveira, 2004). De Oliveira escreve sobre as perspectivas da física no século XX, introduzidas pela Física Quântica e pela Teoria da Relatividade de Einstein, bem como a ruptura ontológica com o princípio de Isaac Newton, que afirma que o movimento do todo é a soma dos movimentos de todas as partes, contexto em que surge a ideia de *feedback* complexo e de propriedades emergentes. Sobre essas bases, defende que a transdisciplinaridade religa a heurística à lógica e propõe que práticas artísticas e científicas se unam por meio da criatividade e de ferramentas analíticas do pensamento e do discurso (Domingues, 2009).

Assim, o emprego da tecnologia é o determinante mais fértil da transdisciplinaridade que rege a arte e a tecnociência. Descobertas científicas e suas conquistas nos vários domínios determinam objetos comuns e lidam com sistemas que buscam solucionar problemas do mundo. Esse

fator coincide com a perspectiva aristotélica, tendo a ontologia de novas formas de viver que se baseiam, em situações para dissolver dilemas da condição humana frente às inerentes transformações promovidas pela profunda inserção de tecnologias em nossas vidas. No contexto atual, muito se discute a questão do sentido de presença alterado por interfaces e percepção expandida por satélites, modems, redes e microcircuitos de sistemas embarcados em *chips*, microprocessadores, telefones celulares, *bluetooth*, GPS e biosensores que propiciam o processamento de sinais, e nos devolvem situações surpreendentes, se comparadas à época da mecânica clássica. Por exemplo, questões da visão computacional, realidade virtual e interfaces sensoriais conduzem a experiências perceptivas enativas no espaço físico, pelo entrelaçamento de organismo e ambientes combinados com dados de mundos sintéticos. Acoplamentos com sistemas enativos por *biofeedback*, entre eles as tecnologias portáteis e as redes *wi-fi* que constroem ecologias biocíbridas (biológico, ciber de dados e híbrido do mundo; Domingues, 2010), autoorganizando a realidade em processos perceptivos autopoieticos. Tudo isso nos revela mundos invisíveis de dados mesclados ao mundo da matéria, expandindo a percepção e ações por interfaces interativas que conectam formas de agir antes impossíveis, em escalas pós-biológicas, mundos ubíquos, mobilidade de corpos, existência por fluxos em trocas antes inimaginadas. Os organismos afetam e são afetados por interfaces sensoriais, de natureza fisiológica que nos levam a superar limitações físicas e cognitivas, transformando a vida cotidiana e reconfigurando a noção de organismo, com o corpo em sua escala física alterada e com necessidades e limitações biológicas expandidas.

A arte e tecnociência vivem a intensidade de mundos mutantes, a contaminação com o que está fora, e desintegra a divisão cartesiana entre artístico e científico. Os processos em arte e tecnociência promovem o diálogo entre o espaço, sinais naturais, artificiais, humanos, não humanos, vida orgânica e sintética. Os estilos de vida, os vínculos interpessoais, a interação do ser humano com seu entorno, a rotina permeada por tecnologias móveis via satélite e interfaces para comunicação ubíqua e ações remotas, uma variedade de sensores, debates sobre redes sociais e sistemas vivos convergem para conectar e influenciar a existência dos indivíduos em diferentes campos de conhecimento, elementos, esses, que abordam as leis e fenômenos do cosmos, assim como existir em ambientes remotos, moldando um ecossistema transformado pelas inovações tecnológicas: um cenário quântico para nossa existência.

As situações produtivas para a arte e a ciência ocorrem em um ambiente transformado, numa hibridização de papéis: a fusão do artista e do

cientista, do curador e do artista, do autor, do produtor e do espectador. Tudo nos leva mais perto da premissa duchampiana de arte e vida. Ressalta-se o marco da primeira revolução quântica, com tecnologias hoje essenciais que fizeram o processo criativo passar por modificações promovidas por máquinas, câmeras e ilhas de processamento de imagens e sons videográficos desde a era eletrônica com o abandono de processos manuais de construção da imagem, ou ainda a fotografia como meio ópticoquímico e cópias tipo xerox. Se a fotografia congela momentos do fluxo do existir, recortando janelas da realidade, as videografias proporcionaram a experiência mágica de exteriorizar instantaneamente o pensamento, tornando-se ferramentas que possibilitam refletir sobre a automatização da percepção. No cinema, provam-se saltos quânticos em montagens e metamorfose de células e cenas que modificam a realidade captada. Tais efeitos foram sendo amplificados quando a arte adentrou o território do digital, que, além de novos métodos de produção, nos permitiu desenvolver pesquisas mais profundas sobre interatividade, sistemas inteligentes, sistemas enativos afetivos e a relação da arte com a natureza.

Todas as ciências se tornam uma única ciência em base da Ciência da Interface que abriga a discussão sobre temas e problemas. Na base de tudo está a teoria cibernética do feedback, introduzida por Norbert Wiener (1948) em *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, que sugere ser o mundo é um grande mecanismo de *feedback*, onde as máquinas imitam ações humanas em lógicas de *softwares* e seus dispositivos de entrada por *hardware* de todo tipo. Atualmente, a interatividade em tempo real no ciberespaço, possibilitando diálogos entre sistemas biológicos e artificiais. Aqui se retoma o conceito de “metáfora da esfera”, que se refere à ideia de que cada pessoa tem sua própria perspectiva única do mundo, como se estivesse dentro de uma esfera que limita sua visão (Domingues; Gerhardt, 2005). Em seu livro seminal (2007), Hofstadter argumenta que assim como as figuras de Escher desafiam nossa percepção espacial, a música de Bach desafia nossa compreensão temporal e os teoremas de Gödel desafiam nossa compreensão da verdade e da consistência em sistemas formais, ilustrando como diferentes disciplinas e maneiras de pensar se entrelaçam e influenciam umas às outras, mostrando que a complexidade do mundo pode ser compreendida por meio de várias perspectivas complementares (Hofstadter, 1990).

A comunicação, utilizando sistemas, redes, sensores e interfaces explora o controle de tecnologias e sinais humanos, e inclui a noção de *biofeedback* para um sentir expandido. Por outro lado, os sensores biológi-

cos ampliam a cognição do “sujeito interfaceado”, proposto por Couchot, experimentando um “fenômeno de laboratório” (Krueger, 2007). O sentir é construído, fabricado e, quando regido por softwares com autonomia, oferecem a “segunda interatividade”. As tecnologias têm respostas autônomas e de autoorganização, tendo comportamentos refinados, assemelhando-se a comportamentos orgânicos, biológicos e inteligentes (Couchot; Tramus; Bret, 2007).

Durante o *International Symposium Sciences of the Interface* (18–21 maio, 2000, ZKM Karlsruhe), em homenagem aos 60 anos de Otto. E. Rössler, cientistas discutiram a interação entre arte e ciência, buscando integrar observadores em dinâmicas relações universais, sempre considerando a metáfora da esfera. Interfaces possibilitam adentrar em mundos digitais, eliminando a noção esférica e permitindo a transformação desses mundos em estados emergentes. A ciência da complexidade e as questões de percepção colocam, portanto, as interfaces sob a perspectiva computacional da incorporação complexa e da relação com o ambiente. Por outro lado, o termo “corpo acoplado” usado para descrever tecnologias interativas em correspondência com as teorias de Humberto Maturana e Francisco Varela relacionadas à enação e autopoiesis, respondem à constante modificação e manutenção própria do ser. Por outro lado, a arte interativa, ao explorar sinais biológicos, coloca a percepção em uma população estrutural radical corpo/ambiente. Varela destaca que o processo cognitivo é determinado pelo comportamento mútuo das relações entre organismo e ambiente, enfatizando que “a mente está no comportamento”. Em resumo, a arte interativa e a ciência da interface contribuem para uma compreensão mais profunda da relação entre tecnologia, corpo e ambiente.

Os avanços nesses campos transformaram radicalmente a concepção de arte, passando da mera representação para a experiência interativa do corpo em ambientes digitais. Nessas novas expressões artísticas, o corpo humano é essencialmente envolvido em diálogo com interfaces digitais que respondem as suas ações e estímulos. Nesse contexto, as performances do corpo são mediadas por circuitos de *feedback* entre o ser humano e o ciberespaço, ampliando os limites da estética tradicional para uma nova forma de arte baseada na ação e na interatividade. Essa abordagem desafia as noções convencionais de autoria, substituindo-a pela ideia de atualização, onde o corpo humano atua como parte integrante de um sistema cibernético, gerando realidades intervalares em constante evolução.

Essa transformação estética e conceitual é fundamentada em uma profunda compreensão das interfaces, que conectam o corpo humano com tecnologias digitais, considerando não apenas aspectos morfológicos, mas também fisiológicos e sociais. Assim, o design de interface se torna crucial na configuração de experiências estéticas e na mediação da comunicação entre o ser humano e o ambiente digital. Esses projetos em ciberarte ultrapassam a morfologia e pensam na fisiologia do sistema, configurando o caráter performático que detona experiências estéticas. Nesse sentido, a ciberestética abraça funções analíticas fundadas nos princípios do uso, muitas vezes demandando o desenvolvimento de *hardware* e *software* específicos para a interação.

Com isso, analisamos o conceito de “hermenêutica operacional” de Rössler, em que as interações em instalações artísticas são vistas como parte integrante de uma “ciência performativa”, em que ações físicas vivenciadas geram interpretações tanto humanas quanto lógicas dos computadores, culminando em uma comunicação endo/exo pelo sistema interativo. Isso implica não apenas em manipulação direta através de dispositivos de hardware, mas também em interações indiretas mediadas por códigos em programas ou softwares, que exercem funções algorítmicas para interpretar e responder às ações do corpo humano no ambiente digital. Essa interação complexa entre corpo, ambiente e tecnologia redefine não apenas a prática artística, mas também a compreensão da experiência estética como um todo.

Nas recentes pesquisas, surgem criações que amalgamam o biológico, o ciberespaço e o mundo físico, denominadas sistemas biocíbridos, alcançando o status de sistemas enativos afetivos. Isso resulta em um contínuo existencial na zona biocíbrida, onde a vida é reinventada. Desafios da existência humana se manifestam na coexistência e interação na zona simbiótica entre corpo e sinais biológicos, mesclando dados com propriedades híbridas do mundo físico. Os resultados reafirmam a teoria de percepção ecológica (ecological perception) de Gibson, ressoando na enação de Maturana e Varela. A vida do ecossistema, nas dinâmicas entre humanos, animais, plantas e paisagens urbanas, são desafios para a arte e a reengenharia da vida.

### **Sistemas enativos afetivos: uso de sensores e sistemas nos atos de existir**

Explorando as interações entre organismos e ambientes físicos e sintéticos, destacam-se as perspectivas de corpo afetado de Massumi (2002) e de corpo espinosano (Massumi, 1992), capacitando-o a se conec-

tar com o entorno por meio de uma diversidade de sensores capazes de captar nuances afetivas, como calor, frequência cardíaca, respiração, atividade muscular e vibrações táteis, tecendo uma complexa rede sensorial com o ambiente. São situações de afetar e ser afetado, em mapas vivos de existir no contexto. Além disso, os sensores de movimento ativam a cinestesia, proporcionando uma propriocepção cinestésica (Berthoz, 2000), integrando padrões de movimento corporal e dados fisiológicos para uma compreensão holística do ambiente. Os sistemas de processamento enativo afetivo registram acontecimentos que são mais do que narrativas fechadas em geografias afetivas, promovendo uma percepção ecológica. Essa interatividade é expandida aos sistemas enativos, permitindo trocas dinâmicas ao empregar rastreadores e microcircuitos de sensores para performances e cinestesia, envolvendo todos os sentidos e realçando o potencial da estética afetiva. Durante essas experiências, os organismos em ação adicionam camadas de sinestesia à cinestesia, atuando como mediadores para traduzir a interconexão entre corpo e ambiente, configurando a percepção como um “fenômeno laboratorial”, para uma vivência ampliada e enriquecida (Krueger, 2007).

Nessa direção, devemos entender nosso papel e os resultados obtidos que fundamentam transformações para o cotidiano e a Reengenharia da Vida. É importante aceitar nossa responsabilidade pela condição presente e futura de nosso planeta. As investigações em Arte e Tecnociência são impulsionadas pelo conceito de vida que está sendo redesenhado, não como fim da “natureza” em si, como algo separado, mas com o surgimento de um “futuro mais saudável de realidade engenheirada.” Essa engenharia responde à transformation du vivant, apontada por Poissant, que, no caso, resulta de inventos disruptivos gerados por ações colaborativas transdisciplinares, que se preocupam com um design etnográfico e mudanças nas formas de viver, por dispositivos que naturalizam tecnologias mescladas à vida (Poissant; Daubner, 2005). Colocam-se como tecnologias criativas em direção à inovação disruptiva, pelo uso inovador que fazemos delas no cotidiano. Não se trata somente de gerar protótipos na mescla de ações e conhecimentos de cientistas, técnicos e artistas, mas, principalmente, de verificar questões humanas integradas a qualidades tecnológicas, que entram na rotina e modificam cenários e organismos, ativando um ecossistema enquanto vida reinventada. Exemplo são as tecnologias móveis e a condição ubíqua aplicada à *mhealth* ou saúde móvel com dispositivos destinados a questões de saúde e bem-estar. O termo *mhealth* se localiza no domínio das inovações disruptivas, que foi cunhado

por Bower e Christensen (1995), no seu texto “Disruptive Technologies: Catching the Wave” para uma tecnologia, produto ou serviço de inovação. A tecnologia disruptiva serve como uma inovação e beneficia o mercado ao criar um nicho inexistente. Como consequência, pode dominar uma indústria, disseminando-se. Mas se torna uma tecnologia disruptiva quando os novos recursos, além de melhorar os produtos, penetra na vida das pessoas, alterando seu cotidiano por ações que modificam as formas de viver. O termo é usado no MIT Media Lab ([www.media.mit.edu/about](http://www.media.mit.edu/about)) para defender inovações que alteram significativamente os hábitos, costumes e vida do humano.

Nossos sistemas enativos afetivos (Domingues *et al.*, 2014) dialogam com o ambiente na dimensão do ambiente e organismo afetados e enviando sinais, gerando narrativas afetivas por mapas vivos em visualização de dados. São pesquisas em cognição incorporada, computação ubíqua e afetiva, tecnologias da mobilidade, fisiologia e sensoriamento, processamento de sinais e data visualização, mais dedicadas ao cenário da saúde móvel (*m-health*) e bem-estar. Sua base filosófica se assenta na estética e fenomenologia em base cognitivista das teorias de percepção/ação, que repercutem na *ecological perception* de James Gibson. O ponto de partida é a noção da fenomenologia da presença de Merleau-Ponty, e como o sentido de presença se altera e se atualizada por tecnologias que possibilitam cópulas estruturais dos organismos com o ambiente, ao que se denominam sistemas enativos. Ressoam na proposta de corpo acoplado de Varela e Matura, de enação (em ação), como filosofia da ação, de natureza cognitivista de Alva Noé.

Do ponto de vista da reengenharia da vida, nossa proposta em torno do conceito de “transformação du vivant” (Poissant; Daubner, 2005) evolui a partir de propostas anteriores de arte interativa e desenvolvimento de sistemas enativos afetivos, que são tecnologias criativas para o corpo, ecossistema, em suas paisagens e vida urbana. Nossa responsabilidade e urgente atenção é reestruturar a vida em níveis ontológicos com tecnologias criativas e sensíveis (Connor; Marks, 2016), aumentando a consciência da onipresença da presença humana e seus afetos.

Os dispositivos móveis lidam com a vida a partir de uma grande quantidade de dados, e na pesquisa em Arte e Tecnociência os projetos fabricam sistemas enativos afetivos que coletam, visualizam e analisam dados de sistemas vivos, e oferecem trocas, criando outras ontologias e ecologias próprias do radical digital. Dados se voltam à visualização de desafios da saúde, sustentabilidade e educação (Malina, 2009). Nosso prin-

principal objetivo é experimentar tecnologias avançadas com aferição e trocas de sinais em parâmetros físicos de organismos, dialogando com variáveis ambientais e processamento de sinais biomédicos, permitindo, assim, estudos avançados de sistemas de vida complexos, através da coleta de dados geográficos tagueados, que podem nos ajudar a redefinir a interação entre seres humanos e ambientes. Dispositivos sencientes (Rheingold, 2002), satélites, interfaces geográficas e tecnologias móveis expandem os limites de nossos corpos, sistemas de sensores e as relações com o ambiente modificam o conceito tradicional de ecossistema, permitindo fluxos informacionais, *biofeedback* e afetividade em um mundo colocado. Viver no mundo físico, com organismos atuando em mundos de dados, num todo enativo afetivo é diferente na era *pós-dekstop*. Esse trabalho é impossível sem a colaboração ativa de *eScientists* e o desenvolvimento de novas estratégias para lidar com conjuntos de dados complexos, mal estruturados e assimétricos.

A Reengenharia da Vida em nossa pesquisa está organizada em três eixos principais: reengenharia do sensorio, reengenharia da natureza e reengenharia da cultura. As ações tramam toda a gama de disciplinas e investigações geradas por nosso grupo colaborativo transdisciplinar de Novos Leonardos para lidar com preocupações e objetos comuns, em busca de resultados integradores. Assim as diferentes ciências e disciplinas, tornam-se uma única ciência. Daí a inserção da investigação no domínio das *e-Sciences*.

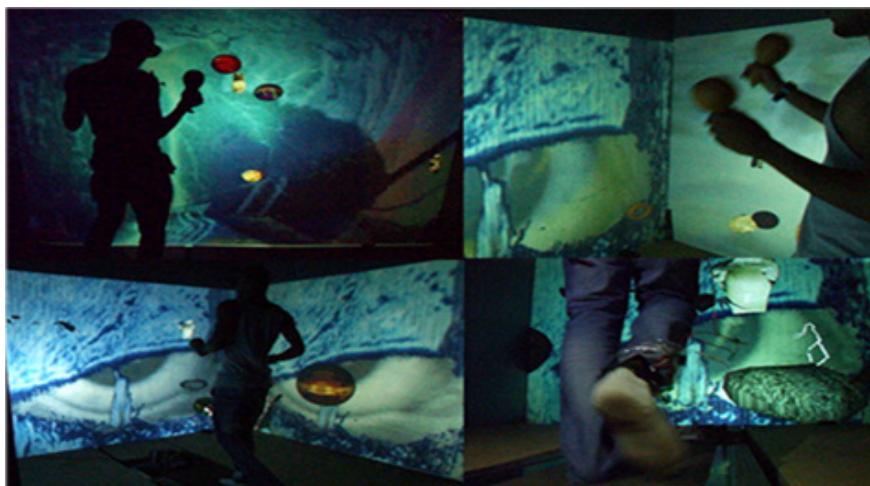
Conceitualmente, os dois primeiros eixos dirigem-se à relação do ecossistema: organismos: humano, animal, inseto, ou vírus no ambiente e a outra ecologia lida com agenciamento da forma de vida, construindo um tipo de cultura humana própria ao momento digital, com alteração de valores culturais. Resultados com Sistemas Enativos Afetivos, no campo mais vasto da cultura, tentam responder a mudanças profundas na vida do humano por questões comportamentais modificadas no que refere às enações de organismos em sua fisiologia e cognição, na estreita relação homem-ambiente/tecnologias. O corpo e a natureza são vistos como um construto social. Os protótipos expandem a relação corpo/experiência, organismo e biodiversidade no campo da Arte, mais especificamente em Arte e Tecnociência, entrando para o campo da saúde, reabilitação, situações de ensino, medicina e percepção e ação, abrigando-se em investigações da ciência cognitiva no domínio da percepção ampliada ou suplementada. Dispositivos são tratados como tecnologias criativas, como em projetos imersivos de realidade virtual anteriores são incluídos

e adaptados ou substituídos para realidade aumentada, misturada visando mobilidade e liberdade. No campo da *Mhealth*, com dispositivos móveis e a capacidade de narrar sobre a vida, por uma soma da sensibilidade e capacidade de naturalizar as tecnologias com circuitos de sensores e *softwares*. Ações humanas escrevem-se por dados que são visualizados, ouvidos ou em outras formas criativas de contar sobre a vida. Constitui-se numa pesquisa transdisciplinar que entende os Sistemas Enativos Afetivos, colocando organismos em mútuas e recíprocas influências com o ambiente, reveladas por dados que tratam os sinais vitais e de fenômenos do ecossistema, mais especialmente de sensores fisiológicos/ambientais/locativos). Surgem narrativas enativas afetivas, ao medir as variações nos modos de sentir de organismos e as trocas afetivas (afetos) da experiência com o ambiente (médias vividas nas trocas). O sistema dinâmico através do uso de vários sensores (por exemplo, pressão, resposta galvânica da pele e sensores de temperatura, entre outros sensores para a enação (em ação), ou seja, a ação do organismo por acoplamento por tecnologias que promovem e enlaçam as trocas do corpo e sua sinestesia, com dados de computadores mesclados às propriedades do ambiente físico, afirmam a validade de sistemas biocíbridos (biodados biológicos + ciberdados + híbrido com o mundo físico) que podem ser processados e visualizados. O *bios midiático* de Muniz Sodré, da era do espetáculo, é enriquecido pela capacidade de sistemas complexos de *feedback* de revelar as trocas afetivas dos organismos com imagens de telas, no caso do cinema enativo (Tikka, 2008). Entretanto, esses sistemas se expandem para os diálogos ou trocas com o mundo físico, em experiências e comportamentos, como pelo ato de caminhar, no caso dos protótipos apresentados. Em termos de arte e *design* respondem a projetos de percepção expandida ou suplementada por sensores e dispositivos que captam e modelam a percepção do mundo, configurando perceptos em conexões de organismos, ambiente e tecnologias, que revelam não somente sinais do corpo, ou do ambiente em sua organicidade, materialidade, mas misturados a leis e sinais de sensores, processamentos de sinais, regidos por dados e algoritmos em uma “ontologia criativa” de outros níveis de realidade<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Entre os resultados, estão as publicações de Poissant; Daubner (2005) e Krueger (2007), como a Special issue para o journal *Digital Creativity* 27.4 (2016), dimensionando as pesquisas com *Creative Technologies and Innovation: Health and Well-Being*. Ressalto também o ensaio de Lucena *et al.* (2007), discorrendo sobre sua pesquisa de uma palmilha para diabéticos, dotada de micros sensores, em pesquisa realizada parcialmente durante seu estágio no *MediaLab Camera Culture*.

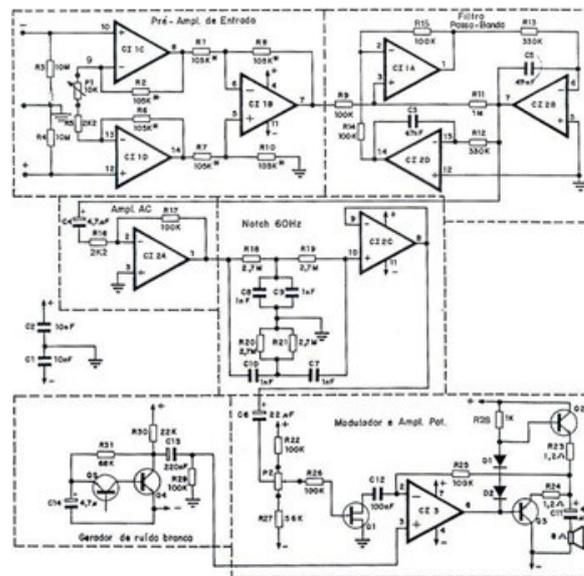
Entre os tantos projetos artísticos gerados no LART e com o grupo do MIT *Media Lab Camera Culture*, utilizamos o sistema de CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) para criar uma experiência imersiva de Realidade Virtual, integrando paisagens de dados e rastreamento de *biofeedback*. Esse sistema acopla corpo, ambiente e dados para navegação e gestos, adicionando o sentido de propriocepção à sinestesia. Utilizando uma esteira que simula desequilíbrio, trepidação e outros efeitos, combinada com técnicas de *biofeedback* baseadas em sinais fisiológicos, conseguimos criar uma tecnologia disruptiva para percepção e medição sensorial. Essa abordagem proporciona uma experiência mais envolvente, misturando momentos reais com imagens virtuais durante a imersão. Além disso, incorporamos sensores de variáveis biológicas para intensificar a imersão. Este trabalho foi apresentado na SPIE (International Society for Optics and Photonics) em 2014 (Domingues *et al.*, 2014) e tem aplicações em campos como jogos, engenharia automotiva e biomedicina, replicando sensações físicas e dados sintéticos por meio de atuadores e biofeedback. O experimento também tem potencial para treinamento em engenharia aeroespacial, potencial destacado no livro de Stephen Wilson (2010).



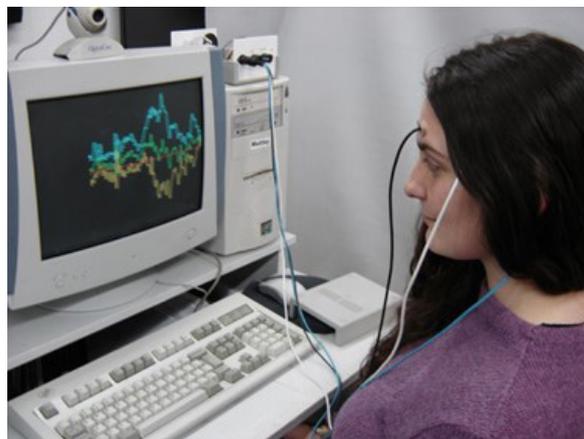
**Figura 1:** . “The Transe in the Immersive Cave”, 2013. Agradecimentos: LART Group, MIT, CNPq, 2013.

Em experimento anterior conduzido no laboratório NTAV da Universidade de Caxias do Sul (UCS), em parceria com colega da física, utilizou-se a interface do eletro-oculograma (EOG) para medir potenciais elétricos a partir dos eventos oculares do corpo humano a interagir com o cenário de realidade virtual dentro da NTAV pocket cave. A relação entre corpo e ambiente é simbiótica, dependendo igualmente um do outro.

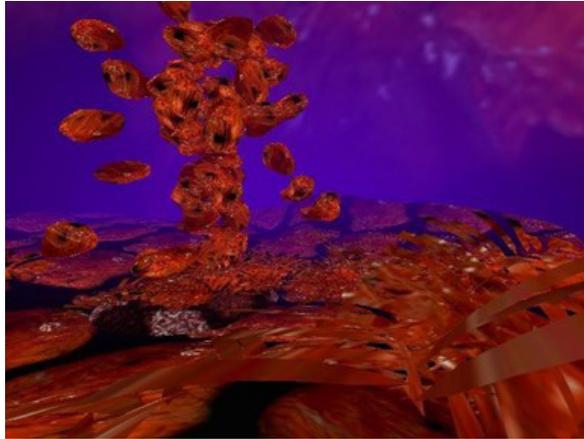
Consideramos o sistema de computador um ambiente artificial e o corpo um ambiente biológico, conectados entre si, gerando um processo cognitivo híbrido. A interface EOG, ao traduzir sinais, possibilita a interação usando os movimentos dos olhos. Esse experimento proporciona uma experiência interativa excitante, conectando o cérebro ao ambiente virtual por meio de uma interface biotecnológica, substituindo as interfaces convencionais, como *mouse* ou *joystick*, que separam drasticamente o corpo do computador. O simples ato de olhar para o mundo se torna extraordinário, construindo nosso mundo através da visão e explorando a janela dos olhos para um mundo de sensações eletromagnéticas. O *biofeedback* em tempo real provoca interações dinâmicas em um coração simulado, representando uma experiência inovadora de interatividade que transcende as interfaces tradicionais e amplia os limites da cognição humana (Domingues; Gerhardt, 2005).



**Figura 2:** Mapa da interface do sistema eletrooculograma.



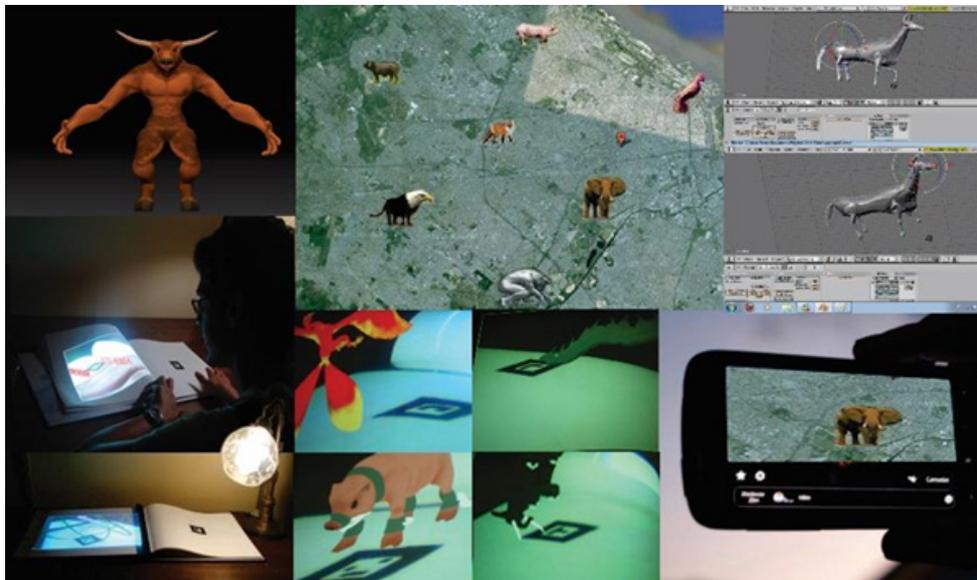
**Figura 3:** Biofeedback do Eletro-oculograma (EOG) capturando as ondas elétricas e transmitindo para o computador.



**Figura 4:** O tamanho e as posições das partículas de HEARTSCAPES na caverna podem ser controlados e alterados usando o mesmo procedimento da última figura. Aqui podemos ver uma amostra de cada mapa de posição ocular mapeado para uma mudança de posição. Coprodução: Diana Domingues / Günther J. L. Gerhardt / Grupo Artecno Universidade de Caxias do Sul / CNPq / Brasil <http://artecno.ucs.br>. Foto: NTAV LAB UCS.

Outra forma de interface extremamente atual é a Realidade Aumentada (RA). Esses sistemas permitem a extrusão pós-biológica da visão humana. A RA em espaços urbanos é um processo de percepção/cognição alterado que decidi apresentar como artista convidado na exposição de arte (Entretiempos) em 2010 no Centro Cultural San Martin (Argentina). A obra do grupo de pesquisa LART criou “Fábulas Biocíbridas: Criaturas Fantásticas de Borges”. Propusemos dois momentos: (1) a instalação de Realidade Aumentada (RA) dentro do edifício, (2) a intervenção móvel de Realidade Aumentada nas ruas de Buenos Aires. Na instalação, o uso de *tags* e visão computacional permitiu ler um livro em visão sintética, mostrando animações e imagens das criaturas fantásticas de Borges. Assim, reinventando coisas cotidianas na doméstica e no ato de ler. O universo fantástico de Jorge Luis Borges também pertencia à intervenção urbana: criaturas sintéticas foram geolocalizadas, em escala real, nas ruas de Buenos Aires. Pessoas que usavam aplicativos podiam ver e conviver com os animais por meio da RA. Este trabalho foi discutido em janeiro de 2011, na conferência SPIE, abordando a extrusão pós-biológica da visão humana, da visão compartilhada com um olho de satélite no céu e o olho

manipulado do dispositivo móvel, um ato enativo que estende a visão ou expande a percepção humana. *Tags* de RA colocadas no GPS e a possibilidade de coordenadas geodésicas criam um evento colocalizado para o corpo humano, (Figura 5) (Domingues *et al.*, 2011).



**Figura 5:** “Fábulas Biocíbridas: Criaturas Fantásticas de Borges” Exposição ENTRE-TIEMPOS I, Cenas do ambiente I, instalação de realidade aumentada (RA), 2. A intervenção móvel de realidade aumentada nas ruas de Buenos Aires. Centro Cultural San Martín, Buenos Aires, 2011.

Algumas abordagens de Novos Leonardos, em produções recentes, desenvolveram mesclas de sistemas interativos com sensoriamento e processamento de sinais, em engenharia biomédica por arte e tecnociência com desenvolvimentos em ciência da computação, medicina e fisiologia, artes fortalecidas pelas abordagens de visualização de dados e diagnóstico. Protótipos são gerados como tecnologia criativas para a saúde, podendo ser considerados inovação disruptiva, e cognitiva, pois retomam e montam dispositivos com inventos anteriores, mas se abrem e permitem outras formas de agir no cotidiano. Desenvolvemos alguns protótipos para *Palmilha* sensorizada para diabéticos; *Bengala afetiva* para mobilidade com sensores. Além de plataformas sociais e paisagens enfermas no drama da dengue em campanhas de mobile mobilization para luta contra o drama da dengue<sup>4</sup>. Assim, humanizamos nossos dispositivos em

<sup>4</sup> Laboratórios envolvidos: UnB LART, Laboratório de Pesquisa em Arte e Tecnociência, Unicamp, Recod, Dr. Ricardo Torres (Universidade de Campinas), o Grupo de Pesquisa Sistemas Socio-Enativos Unicamp/FAPESP, coordenado pela Profa. Dra. Maria Cecilia Baranauskas. Foram também publicados em circuito internacional os resultados da pesquisa com tecnologias criativas do protótipo principal gerado nas colaborações. Destaquem-se os *Proceedings* indexados pela IEEE, VSMM 2017, Dublin, *Mobility and Freedom: Affective Cane for Expanded Sensorium and Embodied Cognition*.

todos os momentos da vida diária. Lidamos como humanos numa existência modificada pela presença maciça de tecnologias móveis, ubíquas e pervasivas que nos levam a afirmar a “naturalização das tecnologias”. Os limites do mundo humano e natural são ultrapassados por cópulas de organismos e tecnologias em narrativas cotidianas. Discussões colaborativas e práticas transdisciplinares enfrentam os desafios de um mundo cada vez mais dependente da tecnologia, rompendo os limites do mundo natural e alimentando a incerteza criadora do mundo como ele pode ser<sup>5</sup>.

### Considerações Finais

A teoria quântica gerou uma revolução no entendimento humano maior do que seus criadores poderiam prever. Para Ilya Prigogine, a ciência é um diálogo de peripécias imprevisíveis com a natureza (Prigogine, 1996). Nomes como Heisenberg e Bohr, assim como pensadores de diversas áreas validam conhecimentos em leis da complexidade. São situações que propõem a existência em estados emergentes e de metamorfoses autorregeneradoras, semelhantes às leis do cosmos. O “princípio da incerteza” de Prigogine, com suas estruturas dissipativas, e desenvolvimentos da física e das matemáticas, do caos e da instabilidade afirmam que o universo está em estados de auto-organização. O cientista afirma a noção de sistema e de acidentes que auto-organizam realidades, assim se expressando: “mesmo que conheçamos o estado inicial do sistema de que ele é sede e as condições nos limites, não podemos prever qual dos regimes de atividade esse sistema vai escolher”. Isso tem reflexos inclusive culturais, gerando diferentes sentidos em obras de arte e novas maneiras de criar.

Outras maneiras de buscar o conhecimento têm impacto em cadeia transdisciplinar, gerando um intercâmbio de ideias e descobertas entre diferentes campos que se cruzam na construção de algo maior, nos permitindo explorar propriedades emergentes e novas respostas acerca da realidade (De Oliveira, *et al.*, 2004). Cada vez mais vemos que tecnologia é “apenas” uma (talvez a principal) faceta dessa transdisciplinaridade em que a física quântica leva a um *boom* tecnológico que gera um inquebrantável elo com os artistas que muitas vezes têm como instrumento de trabalho alguns dos frutos da revolução quântica, a teoria de maior impacto

---

5 Recomendamos ampliar essas discussões pela consulta às obras existentes no Digital Art Archive, incluída como featured artist e onde constam obras de várias épocas. Disponível: <https://digitalartarchive.at/database/artist/449/>, acesso: jan. 2025.

desde o século passado, segundo Herch Moysés Nussenzveig (2013), superior, inclusive, à relatividade de Einstein.

Discutimos fenômenos quânticos complexos e tecnologias com *hardware* e *software* hoje consideradas triviais, porque se mesclam ao cotidiano e modificam profundamente a nossa existência. São existências biocíbridas geradas em ambientes transdisciplinares, mesclando nossos atos e promovendo a afetividade pelas mesclas sensoriais de sinais vitais, que estimulam nossa imaginação transformando o mundo num viraser. Questões de tecnologias quânticas que correspondem ao uso de interfaces aplicadas à arte, reforçam ideias e conceitos filosóficos sob a égide da física moderna. Podemos vislumbrar os impactos das próximas gerações de tecnologias quânticas e seu impacto social, epistemológico e artístico com modos de viver alterados pelas descobertas da ciência.

## Referências

- BERTHOZ, Alain. *The brain's sense of movement*. Translation: Giselle Weiss. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000.
- BORN, Max; AUGER, Pierre; SCHRÖDINGER, Erwin; HEISENBERG, Werner. *Problemas da física moderna*. Tradução: Gita K. Guinsburg. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2019.
- BOWER, Joseph L.; CHRISTENSEN, Clayton M. Disruptive technologies: Catching the wave. *Harvard Business Review*, p. 43-54, jan.-feb., 1995.
- CONNOR, Andy M.; MARKS, Stefan (eds.). *Creative Technologies for Multidisciplinary Applications*. Hershey, PA, 2016.
- DAMÁSIO, António R. *O erro de Descartes: Emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo: Companhia das Letras, (1994) 1996.
- DE OLIVEIRA, Alfredo Gontijo *et al.* *Conhecimento e Transdisciplinaridade II - Propriedades emergentes nas ciências exatas*. Belo Horizonte: Editora UFMG / Humanitas, 2004.
- DEUTSCH, Ivan H. Harnessing the power of the second quantum revolution. *Physical Review X Quantum*, v. 1, n. 2, 020101, Oct., 2020.
- DOMINGUES, Diana (org.). *A arte no século XXI: A humanização das tecnologias*. São Paulo: Editora UNESP, 1997.
- DOMINGUES, Diana . *Arte, Ciência e Tecnologia: Passado, presente e desafios*. São Paulo: Editora UNESP, 2009.
- DOMINGUES, Diana. Diana Domingues - Percursos. Entrevista. In: FRANCO, Edgar (Org.). *Desenredo: Poéticas visuais e processos de criação*. Goiânia: UFG/FAV, 2010, p. 121-157.

DOMINGUES, Diana; GERHARDT, Günther Johannes Lewczuk. Exchanges of electric human signals and artistic immersive poetics. In: POISSANT, Louise; DAUBNER, Ernestine (org.). *Art et biotechnologies*. Montréal: Presses de l'Université du Québec, 2005.

DOMINGUES, Diana; MIOSSO, Cristiano Jacques; RODRIGUES FLEURY ROSA, Suélia Siqueira; ROCHA, Carla. Embodiments, visualizations and immersion with enactive affective systems. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, v. 9012, jan. 2014.

DOMINGUES, Ivan. *Em busca do método: Conhecimento e transdisciplinaridade II: aspectos metodológicos*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005.

DOWLING, Jonathan P.; MILBURN, Gerard J. *Quantum technology: The second quantum revolution*. London: Royal Society, 2003.

FEYNMAN, Richard Phillips. *Física em 12 lições*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2013.

HEISENBERG, Werner. *Física e filosofia*. Tradução: Jorge Leal Ferreira. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1981.

HOFSTADTER, Douglas. *Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*. New York: Vintage, 1980. – Tradução italiana: *Gödel, Escher, Bach: Un'eterna ghirlanda brillante*. Milano: Adelphi, 1990.

JONES, Stephen. Towards a philosophy of virtual reality. *Leonardo: Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology*, v. 33, n. 2, p. 125-132, 2000.

KRUEGER, Ted. Design and prosthetic perception. *Kybernetes*, Leeds, v. 36, n. 9/10, p. 1393-1405, 2007.

KRUEGER, Ted; DOMINGUES GALLICCHIO, Diana Maria; POISSANT, Louise. Creative technologies and innovation: Health and wellbeing. *Digital Creativity*, London, v. 27, n. 4, p. 267-270, 2016.

KURIZKI, Gershon *et al.* Quantum technologies with hybrid systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, v. 112, n. 13, p. 3866-3873, March 3, 2015.

LUCENA, Tiago Franklin R. *et al.* Walking and health: an enactive affective system. *Digital Creativity*, London, v. 27, n. 4, p. 314-333, 2016.

LUCENA, Tiago Franklin R. *et al.* The drama of dengue fever: Civic-oriented journalists, community and artists fighting dengue. *Leonardo*, London, v. 51, n. 2, p. 199-200, 2018b.

- MALINA, Roger. Leonardo olhando para a frente: Fazendo história e escrevendo história. In DOMINGUES, Diana (org.). *Arte, ciência e tecnologia: passado, presente e desafios*. São Paulo: Editora UNESP, 2009. p. 16-20.
- MASSUMI, Brian. *A user's guide to capitalism and schizophrenia: Deviations from Deleuze and Guattari*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- MASSUMI, Brian. *Parables for the virtual: Movement, affect, sensation*. 4. ed. Durham, NC: Duke University Press, 2002.
- MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco J. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht: Reidel, 1980.
- MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da percepção*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- NOË, Alva. *Perception in action*. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.
- NOË, Alva. *Real presence*. Manuscript draft. January 2006.
- NUSSENZVEIG, Moyses. *Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica*. 2. ed. v. 4. São Paulo: Blucher, 2013.
- POISSANT, Louise; DAUBNER, Ernestine (org.). *Art et biotechnologies*. Québec City: Presses de l'Université du Québec, 2005.
- POLKINGHORNE, John. *Teoria quântica: uma breve introdução*. Tradução: Iuri Abreu. Porto Alegre: LPM, 2011.
- PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. Tradução por Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- RASKAR, Ramesh et al. Prakash: Lighting aware motion capture using photosensing markers and multiplexed illuminators. *ACM Transactions on Graphics*, v. 26, n. 3 34th International Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques – ACM SIGGRAPH 2007, Proceedings. San Diego, CA, July, 2007. p. 36.
- RHEINGOLD, Howard. *Smart mobs: The next social revolution*. New York, NY: Basic Books, 2002.
- STEWART, Ian. *Será que Deus joga dados? A nova matemática do caos*. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.
- TIKKA, Pia. *Enactive cinema: Simulatorium eisensteinense*. PhD dissertation. Helsinki: University of Art and Design Publication Series, 2008.
- WILSON, Stephen. *Art + Science Now*. 2010. London: Thames and Hudson.

# Trans:humanismo (h-) e audiovisual: imagem, mente e teoria quântica nas fronteiras do humano

Luca Scupino Oliveira<sup>1</sup>, Eduardo Ferraz<sup>2</sup>, Bianca Ayuri<sup>3</sup>, Guto Escobar<sup>4</sup>, Maria Junqueira Netto de Sá e Benevides<sup>5</sup>, Rodrigo Petronio<sup>6</sup>

**Resumo:** Desde meados do século XX, teóricos do audiovisual e cineastas vêm questionando a centralidade do humano no Cinema e estabelecendo alternativas para a figuração de outras formas de vida orgânica e inorgânica na imagem cinematográfica. Propomos aqui os conceitos de “trans:humanismo” e a sigla “H-” como maneiras relacionais de reconstruir a ideia de humanismo fora da chave antropocêntrica, dialogando com a dialética maquinismo-natureza dentro da teoria realista do crítico André Bazin, a presença da tecnologia no horror corporal do cineasta David Cronenberg, o compostismo e o ciborgue como mídia para a filósofa Donna Haraway, e a presença do Estranho no Cinema para a teoria quântica.

**Palavras-chave:** humanismo; transumanismo; natural-artificial; ciborgue; estranho; horror; David Cronenberg; Donna Haraway.

---

1 Luca Scupino Oliveira é cineasta, pesquisador e crítico. Graduado em Cinema pelo Centro Universitário Armando Álvares Penteado (FAAP), onde realizou Iniciação Científica sobre a passagem do tempo no filme *Boyhood* (2014). Atualmente é crítico e editor adjunto do site *Mnemocine*, e realiza mestrado sobre a obra do cineasta Éric Rohmer. Contato: [scupino.luca@gmail.com](mailto:scupino.luca@gmail.com) e [ls0123123@gmail.com](mailto:ls0123123@gmail.com).

2 Eduardo Ferraz é cineasta, pesquisador e roteirista. Graduado em Cinema pelo Centro Universitário Armando Álvares Penteado, roteirizou e dirigiu 5 curtas-metragens. Atualmente trabalha como Redator e Roteirista na Yeap. Contato: [edu.aliberti@gmail.com](mailto:edu.aliberti@gmail.com).

3 Bianca Ayuri é montadore e pesquisadore de Cinema. Cursou Cinema no Centro Universitário Armando Álvares Penteado e, durante o período, montou mais de 10 curtas-metragens, dos quais se destacam *Ninguém Derruba o Titã* (2023), *Vida Privada* (2023) e *Onde Morrem os Cães* (2024). Contato: [bianca.ayurio@gmail.com](mailto:bianca.ayurio@gmail.com).

4 Guto Escobar é editor de *Som de Cinema* na Confraria de Sons & Charutos. Formado em Cinema no Centro Universitário Armando Álvares Penteado. Contato: [lgqescobar@gmail.com](mailto:lgqescobar@gmail.com).

5 Maria Junqueira Netto de Sa e Benevides é estudante de Filosofia na FFLCH-USP, faz pesquisa na área de Filosofia da Ciência. Graduada em Cinema pelo Centro Universitário Armando Álvares Penteado. Contato: [mariabenevides@usp.br](mailto:mariabenevides@usp.br).

6 Rodrigo Petronio é escritor e filósofo. Professor titular da FAAP, autor de mais de 20 livros. 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). Doutor pela UERJ/Stanford University, desenvolveu pós-doutorado sobre a cosmologia de Alfred North Whitehead (2018-2020) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD, PUC-SP), onde atualmente é pesquisador. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4473-2193> Site: [www.rodrigopetronio.com](http://www.rodrigopetronio.com). E-mail: [rodrigopetronio@gmail.com](mailto:rodrigopetronio@gmail.com).

## **Trans:humanism (h-) and audiovisual: image, mind and quantum theory at the borders of the human**

**Abstract:** Since the second half of the 20th century, audiovisual theorists and filmmakers have been questioning the human being's centrality in Cinema and establishing alternatives to the representation of other organic and inorganic life forms in the cinematographic image. We hereby propose the concept of “trans:humanism” and the acronym “H-” as relational ways of reconstructing the idea of humanism apart from the anthropocentric perspective, while conversing with the dialectics of machinism-nature within the realist theory of the critic André Bazin, the technological presence in the body-horror of filmmaker David Cronenberg, the compostist and the cyborg as media for the philosopher Donna Haraway, and the concept of the Strange in Cinema to the quantum theory.

**Keywords:** humanism; transhumanism; cinema; natural-artificial; cyborg; horror; media; David Cronenberg; Donna Haraway.

## **Transumanismo (H+) e Trans:humanismo (H-)**

Ao longo do século XX e XXI, os debates sobre os limites do humano e dos humanismos demonstraram e continuam demonstrando conexões profundas com as artes, a literatura e o audiovisual. Os limites do humanismo euro-americano aos poucos foram sendo criticados pelas mais variadas vertentes das ciências humanas (Foucault, 2010, Agamben, 2002, Mbembe, 2014, Ferreira da Silva, 2007). E os dispositivos ambivalentes de produção discursiva de uma imagem da humanidade, entendida em termos formalmente abstratos e pretensamente universais, passaram a ser inspecionados em sua amplitude, compromissos e implicações (Agamben, 2002). Os dispositivos de saber-poder eurocêntricos determinaram o humano durante séculos. E excluíram vastos contingentes de seres humanos da categoria de humanidade. Todas as filosofias críticas desde Kant se veem na obrigação de se posicionar diante do mito humanista ocidental. Herdeiro das tradições humanistas do socialismo, o marxismo é um dos primeiros a comparecer diante desse tribunal de julgamento e avaliação das contradições do humanismo, ressaltadas tanto pelos seus críticos quanto pelos seus defensores (Ferreira da Silva, 2010). Uma concepção sistêmica e anti-humanista da teoria de Marx é entendida como solução por alguns autores ligados às leituras estruturalistas de Marx, como Louis Althusser e outros (Merquior, 1987). As filosofias da existência haviam dinamitado a essencialidade do humano. Mesmo assim ainda ficava candente se o existencialismo seria ou não um humanismo (Sartre, 2013). Por outro lado, Heidegger definiu o humanismo como uma mera variação do longo processo de entificação do ser e, por conseguinte, como um confisco universal do ser do humano (Heidegger, 1973; Sloterdijk, 2000). E então seria preciso reconstruir a partir do zero essas novas acepções: criar uma humanidade de outro humano (Levinas, 1988). Seria preciso produzir um novo pensamento capaz de subverter a gramática logocêntrica, fonocêntrica e falocêntrica que determina há milênios a fisionomia desse humano “universal” (Derrida, 1973). E há as propostas ousadas e excelentes de reconstruir uma versão alternativa de humanismo, baseada em uma narrativa de longa duração capaz de incluir os processos de milhões de anos da hominização (Serres, 2008). Na contracorrente desse movimento, uma miríade de pensadores conservadores, quase sempre de inspiração abraâmica, procuram enfatizar e ressignificar o humanismo, quase sempre sem sucesso (Gilson, 2002; Maritain, 2005, Buber, 1982).

A despeito dessas críticas ao humanismo, o fim do humanismo não se reduz ao fim de um humanismo entendido como um dos pilares discursivos do eurocentrismo. Desde o século XIX, o projeto humanista passou a se expandir em uma nova dimensão: a dimensão evolutiva. Enquanto as narrativas humanistas tradicionais precisavam fazer a clivagem de humanos-não humanos a partir da teologia e das religiões, acionadas em suas potencialidades políticas e ontológicas, o projeto humanista evolutivo passou a ser escandido com base em uma das teorias mais poderosas de todos os tempos: a teoria darwiniana. Basta unir a isso a ascensão espetacular da tecnociência e do capitalismo ao longo do século XX e teremos a nova face de um humanismo que não apenas não morreu, mas seguiu e segue vitorioso, em plena expansão em seus sonhos coloniais: o transumanismo. Por isso, o transumanismo não deve ser entendido apenas a partir dos clichês produzidos pela *sci-fi*. Deve ser entendido como um discurso de grande plasticidade que expande, transforma e capitaliza o humanismo eurocêntrico e colonial, turbinado pela tecnociência e potencializado pelo capitalismo liberal.

Para compreender essas novas dinâmicas do humanismo e do transumanismo, foi preciso abrir um amplo leque lexical e semântico: trans, meta, neo, pós e tantos outros prefixos para o humanismo. O mais poderoso deles foi e continua sendo o transumanismo. O transumanismo nesse sentido adquire diversas tonalidades e acepções. E encontra algumas de suas bases em alguns fundadores do pensamento moderno como Hegel, Darwin e Nietzsche (Martins, 2018). Os estudos sobre o chamado pós-humanismo adquirem cada vez mais espaço, sobretudo nas ciências humanas (Wolfe, 2010). A biotecnologia começa a desempenhar um papel decisivo na construção de um novo imaginário coletivo (Fukuyama, 2003; Sloterdijk, 2000). A morte do humano passa a ser associada a uma nova condição pós-histórica (Flusser, 2019). E esta se torna sinônimo da morte das condições contingentes que determinaram a historicidade e a liberdade das ações humanas, cada vez mais roteirizadas e alienadas pelas novas tecnologias. Essa excentricidade do humano em relação a si mesmo foi pensada em algumas abordagens mais radicais a partir do conceito de meta-humano (Ferreira da Silva, 2010). A dissolução das fronteiras entre natural e artificial borraram ainda mais a fisionomia desse humano antropocêntrico do humanismo (Flusser, 2018; 1978, Santaella, 2003, 2022).

Para coroar esses processos, a cibernética, a teoria dos sistemas, as teorias da complexidade, a teoria do caos, as teorias emergentistas, dentre outras, demonstram que a racionalidade de um evento depende de uma

minimização infinitesimal das propriedades humanas contidas nesse evento (Morin, 2015; Maturana, 2014). Em outras palavras: boa parte dos problemas das ciências não eram restritos às limitações da ciência. Decorriam sim das perspectivas antropocêntricas às quais os processos da natureza eram submetidos. Ao mesmo tempo, começa a haver uma ênfase cada vez maior nas relações interespecistas (Haraway, 2003, 2008). E a simbiose se torna uma das teorias mais potentes para a explicação da ontogênese da vida na Terra (Margulis, 2002). A ciborguização adquire cada vez mais potência, tornando-se impossível uma separabilidade entre ações comunicativas e informacionais, físicas e mentais, orgânicas e inorgânicas, humanas e não humanas (Haraway, 2009). Em meio a esse processo, hoje pode-se falar em uma reconfiguração e em uma reconstrução do humano, para além dessas aporias e limitações do humanismo clássico e em confluência com as novas tecnologias e com as novas ontologias informacionais e computacionais: o neo-humano (Santaella, 2022).

Nesse contexto, o termo transumanismo permeia o século XX e se expandiu de modo avassalador no século XXI. Não sem diversas polêmicas, às vezes em concepções afinadas com a eugenia, outras vezes apenas malcompreendido por seus críticos, o transumanismo passou a ser veiculado às narrativas que defendem as potencialidades de aprimoramento dos humanos, a despeito das consequências positivas ou negativas desse processo (Alexandre; Besnier, 2022). Os riscos desses discursos acerca da perfectibilidade humana são conhecidos desde há muito tempo (Pasmore, 2004, Sloterdijk, 2000, Giucci, Monteiro e Pinho, 2015). E, hoje em dia, os singularistas parecem menosprezar esses riscos, transformando-os em uma oportunidade para a transformação radical de tudo que jamais foi definido como humano (Kurzweil, 2014, 2019, 2000). Para contornar esses problemas e polêmicas do transumanismo, neste artigo chamaremos esse transumanismo de transumanismo perfectibilista. A despeito das variações de autores, vertentes e obras, trata-se de uma teoria em cujo cerne se encontra um projeto de aperfeiçoamento e de melhoria do ser humano. Em contrapartida, neste artigo nos propomos criar uma acepção estrita de transumanismo: transumanos são todos os seres, eventos e instâncias que tornam o humano excêntrico em relação a si mesmo e assim instauram o humano em sua humanidade (Petronio, 2015, 2025).

Nesse sentido, a potência transumana não implica necessariamente perfectibilidade, superação das determinações biológicas, tecnologias para matar a morte, processos de suspensão do envelhecimento, imortalidade, dentre outros critérios que definem o transumanismo perfecti-

bilista (Alexandre; Besnier, 2022). Transumanos em nossa acepção são todos os meios pelos quais o humano se excede a si mesmo e apenas assim se autodetermina em sua humanidade. Esses meios podem contemplar relações humanos-animais, humanos-vegetais, humanos-inorgânicos, humanos-tecnologias, dentre tantas outras. Ou seja: todas as relações humano-não-humano que tensionem as compreensões estabilizadas da humanidade que define o humano seriam relações transumanas (Petronio, 2025). Em outras palavras, o humano apenas se realiza a partir dos devires e dos agenciamentos que estabelece com os outros do humano, sejam eles animais, vegetais, minerais, maquínicos (Deleuze; Guattari, 1997).

Para evitar confusões, de agora em diante definiremos essa nossa acepção não perfectibilista de transumanismo como um humanismo trans: uma variação do humano e do humanismo pensado a partir da teoria trans (Petronio, 2022, 2025). E, para distinguir ambas as vertentes, grafaremos de agora em diante essa acepção de transumanismo como trans:humanismo, com os termos separados por dois-pontos. O dois-pontos sinaliza uma recursividade e uma identidade entre trans e humanismo, podendo sinalizar que um é outro e outro é um. Entretanto, nessa acepção, o trans:humanismo não seria uma transposição perfectibilista do humanismo. E muito menos sinalizaria para super-humanos, como tantas correntes transumanistas advogam. O trans:humanismo descreve o humano como um ser relacional, hibridizado e intersticial: um ser cujas propriedades emergem da relação com todos os seres não humanos do universo, artificiais e naturais, orgânicos e inorgânicos, processuais e informacionais (Petronio, 2014, 2025). O ser humano não seria uma entidade, mas uma entridade: um habitante de fronteiras (Petronio, 2025).

Para demarcar essa diferença entre esse trans:humanismo relacional e os transumanismos perfectibilistas, utilizaremos também a sigla H-. A sigla H+ é usada pelos transumanistas para postular o que vem depois do humano, entendendo-se esse movimento como um processo de superação e mesmo de erradicação de alguns atributos considerados estritamente humanos. Essa nova teoria trans:humanista segue mais de perto a proposta de Deleuze e Guattari, segundo a qual o devir das substâncias não se constitui por meio de um sinal de mais, mas de um sinal de menos cuja função seria:  $n$  elevado a  $-1$ . A potência infinita dos seres em devir-outros e em se tornarem outros de si reside na capacidade negadora de sua essência e dos substratos que estabilizam as suas substâncias (Bensusan, 2017). Em vez de pensar o humano como um sinal de mais, devemos

pensá-lo a partir de um mergulho nos reinos infra, meta e inumanos da natureza. O humano não pode nesses termos ser compreendido a partir de uma hiperssubjetividade. O humano apenas pode ser compreendido a partir de uma hipossubjetividade: uma subjetividade inferior, infernal e sombria, emergente das regiões abissais, onde todos os seres se tocam e se identificam (Morton, 2023; Petronio, 2023; Bataille, 1983, 2004).

O trans:humanismo seria então uma maneira de reconstruir o humanismo. Um modo de propor um novo humanismo para o futuro: um humanismo deflacionado e, por isso mesmo, avesso aos projetos imperialistas e coloniais. O trans:humanismo nos ajuda assim a construir um novo e inaudito humanismo, fora da chave antropocêntrica. E, ao mesmo tempo, pode ser uma maneira de potencializar todas as transversalidades que constituem os seres, em uma perspectiva radical e rigorosamente relacional. Essa acepção obviamente implica todas as virtualidades contidas no prefixo *trans*. E isso inclui obviamente aspectos de gênero contidos em todo debate das fronteiras do humano. O trans:humanismo, nesse sentido, necessariamente contempla um espectro *queer* (Morton, 2023; Preciado, 2014; Butler, 1990). O trans:humanismo é um humanismo trans e *queer*.

Como a teoria quântica se insere nessa concepção de trans:humanismo? A teoria quântica pode nos fornecer um novo modelo de consciência distribuída (Arroyo, 2024). Esse modelo não seria mais concebido a partir de interatores humanos, como se convencionou pensar os chamados observadores que alteram os fenômenos observados, demonstrando a hegemonia e o aspecto vicioso dos modelos antropocêntricos presentes nas ciências. Todos os interatores inumanos espaciais e temporais que se subdividem até os limites infinitesimais da escala de Planck são interatores. E, assim sendo, alteram virtualmente os dados da realidade observada, sejam eles quais forem. E todos os interatores do universo são modulações de uma consciência humana-não-humana expandida e virtualmente presente em todo universo (Kuttner; Rosenblum, 2017). Para consumir essas articulações, outra abordagem da teoria quântica que utilizaremos aqui é a abordagem relacional de Carlo Rovelli (Rovelli, 2021; Benevides *et al.*, 2023).

André Bazin: Humanismo Trans:Humanista?

Para descrever o esgotamento do humanismo em geral se recorre ao prefixo *pós*. O prefixo *pós* diz respeito às tentativas de superação dos impasses e aporias de uma determinada tradição. No caso, o *pós*-humanismo pode ser entendido como uma miríade de tendências que procuram realizar dois objetivos: 1. Sair da chave hegemônica do humanismo

antropocêntrico ocidental. 2. Repensar a categoria mesma do humano, em sua plasticidade e nas alterações radicais de sua fisionomia, produzidas por diversos dispositivos contemporâneos, sobretudo as novas tecnologias. Nesses termos, um dos melhores caminhos seria proceder aqui a uma arqueologia dos media: uma investigação dos meios, concebidos como dispositivos de alteração do humano em direção ao trans:humano.

Não é de hoje que a relação entre humanismo e tecnologia produz inquietações intelectuais. O advento das chamadas “máquinas de imagem” (Dubois, 2004, p. 33) – da câmera escura à fotografia e o cinematógrafo – constitui diretamente uma ruptura nas práticas de figuração tradicionais, acompanhada tanto por elogios quanto às suas possibilidades estéticas, como por polêmicas em relação à tensão entre a atividade humana e o processamento técnico. Na medida em que operam por próteses da visão, os aparelhos introduzem no processo de constituição da imagem uma tecnologia pré pictórica, que organiza o olhar antes da intervenção humana, por meio de agenciamentos maquínicos. Philippe Dubois se debruça sobre essa antiga relação, compreendendo que o surgimento da imagem em movimento move um passo além da mediação entre sujeito e realidade (Dubois, 2004).

Para Dubois, enquanto a câmera escura, aparelho óptico milenar, atua como um instrumento que “aprofunda a percepção visual do olho humano” (Dubois, 2004, p. 36-37), ao que se sucede a intervenção gestual do artista; a máquina fotográfica, através de um mecanismo de reprodução “objetivo”, produz por si própria a inscrição imagética, de modo que a ação humana “passa a ser um gesto mais de condução da máquina do que de figuração direta” (Dubois, 2004, p. 38). Esse debate é sintetizado pela obra do crítico que mais esteve preocupado com a ontologia da imagem técnica e sua relação com a realidade: o francês André Bazin (1918-1958; Figura 1).

Teórico do pós-guerra, para Bazin essa dimensão “objetiva” do funcionamento fotográfico surge como um divisor decisivo na história da representação artística: “pela primeira vez, entre o objeto inicial e sua representação nada se interpõe, a não ser outro objeto. [...] Todas as artes se fundam sobre a presença do homem; unicamente na fotografia é que fruimos de sua ausência” (Bazin, 2018, p. 32). Vê-se aqui claramente uma refutação das diretrizes antropocêntricas que guiaram o imaginário humanista. Deste modo, ela adquire também uma dimensão antropológica (Elsaesser, 2018, p. 117), que, para Bazin, remete à antiga prática egípcia de embalsamar os cadáveres: a vitória contra a morte e a luta por parar o

tempo no instante decisivo. Bazin chega a afirmar que, se “a perspectiva foi o pecado original da pintura ocidental”, “Niépce e Lumière foram os seus redentores” (Bazin, 2018, p. 30), na medida em que a imagem fotográfica livra as artes figurativas de sua obsessão pela semelhança. Nesse sentido, o cinema estaria um passo adiante da fotografia: ao inserir a dimensão temporal em seu funcionamento, também faz com que a imagem das coisas seja a de sua duração (*ibid.*, p. 33), tendendo a aproximar-se cada vez mais de uma representação à imagem do real. Como afirma Ismail Xavier (2021), “a sutil diferença entre dizer que algo é uma ‘imagem de’ e dizer que algo é ‘feito à imagem de nós fornece um exemplo dos inúmeros jogos de palavras que tornam a leitura de Bazin fácil apenas na sua aparência” (*ibid.*, p. 83).

O interessante, nesse sentido, é notar a dimensão radicalmente pós-humanista ou anti-anthropocêntrica da teoria de Bazin, posição corroborada por alguns de seus principais estudiosos, como Tom Gunning, Angela Della Vacche e Dudley Andrew. Enquanto teórico realista, interessa-lhe pensar o cinematógrafo como uma máquina de mediação, em que a intervenção criativa humana é subsumida pelo automatismo da máquina. Desse modo, sem ser fruto direto de uma subjetividade determinante, a imagem representada é fiel à realidade das coisas – aqui entende-se a *physis* e uma visão integrada dos seres orgânicos e inorgânicos, uma fenomenologia ligada ao movimento de “contemplação reveladora (de um transcendente que se insinua no real, em última instância, representado na ambiguidade e no mistério que rodeia os fatos e as coisas)” (Xavier, 2001, p. 90).

Para Tom Gunning, embora Bazin afirme que o cinema é um fenômeno idealista, ligado a desejos antigos da humanidade e realizados pela criatividade de alguns inventores, seu mito é o de uma arte que vai além de interesses particulares, criando uma imagem do mundo independente da intervenção do sujeito (Gunning, 2011, p. 123). É importante apontar que essa noção foi posteriormente criticada pela teoria do dispositivo e a tradição no cinema ligada à semiologia, à linguística e à desconstrução (representada por nomes como Christian Metz, Jean-Louis Comolli, Jean-Louis Baudry e Laura Mulvey), em relação ao mecanismo alienante do cinema narrativo e de sua relação de projeção-identificação, teoria que “identifica o visível com o ideológico por definição” (Xavier, 2001, p. 148). No entanto, permanece relevante, por ser o referencial de onde partem todas essas teorias e que permite pensar um modelo para compreender o cinema em uma perspectiva histórica, bem como sua relação dialética com a técnica.

Por esse motivo, dentro da perspectiva da arqueologia das mídias, Thomas Elsaesser pensa o cinema como um modelo de *dispositif* do qual não se separam, por exemplo, a fotografia, o vídeo, a televisão e mesmo o digital. Embora haja, evidentemente, uma diferenciação determinante no contexto sociocultural, é possível conceber as diferentes mídias em uma dinâmica mutuamente interativa (Elsaesser, 2018, p. 113) e historicamente circular. Nesse sentido, pensar a especificidade ontológica do cinema também significa pensar, de maneira mais ampla, a possibilidade artística na relação humano-máquina, bem como pensar a mídia como uma maneira de compreender a indexicalidade profunda que existe entre a história e as imagens – ideia também presente, para Elsaesser, na teoria de Walter Benjamin sobre a aura e a fotografia.

A dialética humanismo-maquinismo no cinema, portanto, não deve ser entendida como inconciliável, mas como uma mediação da qual se produz um imaginário próprio – para Dubois, maquinaria na qual o Sujeito da imagem estaria menos do lado do artista que do investimento imaginário do próprio espectador em sua produção de afetos:

Vemos assim que a questão da relação maquinismo-humanismo é menos histórica na progressão contínua (cada vez mais máquina para menos humanidade) do que filosófica na tensão dialética que sempre varia, mas não linearmente. É, portanto, a questão de uma modulação entre os dois polos, humanismo e maquinismo, que são na verdade sempre copresentes e autônomos. A dialética entre estes dois polos, sempre elástica, constitui o aspecto propriamente inventivo dos dispositivos, em que o estético e o tecnológico podem se encontrar. (Dubois, 2004, p. 44-45)

Para Angela Della Vacche, a ontologia baziniana se funda em um tripé: a vocação anti-anropocêntrica do cinema, sua busca cosmológica pela realidade das coisas e a simbiose que ele possibilita através de seus encontros (Vacche, 2011, p. 142). Nesse sentido, pode-se afirmar que Bazin propõe a inserção de um novo paradigma de humanismo na teoria de cinema, ligado à realidade de uma Europa pós-guerra em reconstrução – de modo que o cinema seria também um meio através do qual podem emergir novos modos de alteridade e de comunidade, que se oporiam tanto ao utilitarismo individualista quanto ao coletivismo massificado dos projetos políticos de seu período (Vacche, 2011, p. 147).

Essa dimensão, na obra de Bazin, se faz presente especialmente em dois aspectos de sua teoria. O primeiro diz respeito à ontologia realista da imagem fotográfica, como citado. O segundo está relacionado ao contraponto que ele realiza no final de seu artigo “Ontologia da Imagem Foto-

gráfica”: “por outro lado, o cinema é uma linguagem” (Bazin, 2018, p. 35). Ao reconhecer a importância da constituição de um modo enunciativo na forma do filme, Bazin afasta-se do realismo ingênuo – do qual muitos levemente o criticam – e reconhece o cinema como meio de articulação do olhar, aspecto elucidado por seu artigo “Montagem Proibida”. Nele, a partir da análise do filme *Balão Vermelho* (1956, de Albert Lamorisse), Bazin extrai uma “regra” para o respeito da realidade no processo de montagem do filme: “quando o essencial de um acontecimento depende de uma presença simultânea de dois ou mais fatores da ação, a montagem fica proibida” (Bazin, 2018, p. 98).

No filme de Lamorisse, sobre um menino solitário que encontra um balão vermelho capaz de movimentar-se livremente, como se tivesse consciência, é a presença conjunta do menino e do balão na fronteira do mesmo plano que garante o realismo de sua encenação e a dimensão lúdica da coabitação entre o garoto e o objeto:

E que importância tem isso, dirão, se o resultado é o mesmo: fazer com que acreditemos que há um balão na tela capaz de seguir seu dono como um cachorrinho? Mas é justamente porque com a montagem o balão mágico só existiria na tela, enquanto o de Lamorisse nos remete à realidade. (Bazin, 2018, p. 92)



**Figura 1:** André Bazin com um gato. Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Andr%C3%A9\\_Bazin.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Andr%C3%A9_Bazin.jpg)

Expandindo esta preocupação para filmes que apresentam situações com animais, encontra-se no artigo uma chave para entender a teoria de

Bazin e o cinema como uma “história de feras”, como afirma o crítico Serge Daney (2007, p. 55). É comum, nos textos de Bazin, a menção aos animais. Como resgata Jennifer Fay, em seu artigo “Seeing/Loving Animals: André Bazin’s Posthumanism”, o amor de Bazin pelas outras espécies é algo que se estende para além do cinema: o crítico francês criava de papagaios a esquilos, tartarugas, camaleões, iguanas e até mesmo um crocodilo (Fay, 2008, p. 41). Uma de suas fotos mais emblemáticas o mostra segurando um gato, que parece encontrá-lo na mesma expressão facial (Figura 1) – atestado fotográfico, e, portanto, ontológico, de sua profunda relação de alteridade interespecífica. Não é coincidência, portanto, que quando irá demonstrar o aspecto realista do cinema, ele recorra a filmes em que humanos e animais coabitam: as focas de *Nanook* (Robert Flaherty, 1922), os cavalos de *Crin Blanc* (Albert Lamorisse, 1952), o leão em *O Circo* de Charles Chaplin (1928; Figura 2) e o cachorro de *Umberto D.* de Vittorio de Sica (1952; Figura 3). Poderíamos expandir essas relações para tantos momentos do cinema clássico e moderno: o cachorro intuitivo e a corrida do porquinho de Murnau (*Aurora*), o burro protagonista de Bresson (*A Testemunha*), os pássaros de Hitchcock (*Os Pássaros*), a planta carnívora de Murnau (*Nosferatu*), os atuns de Roberto Rossellini (*Stromboli*), dentre tantos outros exemplos de alteridade interespecista.



**Figura 2:** O leão no Circo de Charles Chaplin (1928). Fonte: Captura de tela de [https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Circus\\_\(1928\\_film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Circus_(1928_film)).



**Figura 3:** O cachorro de Umberto D. (Vittorio De Sica, 1952). Fonte: <https://www.vien-nale.at/de/film/umberto-d-o>

Em seu artigo “A Tela do Fantasma”, o crítico Serge Daney afirma que os exemplos de cenas com animais citados por Bazin dizem respeito a um aspecto essencial de sua compreensão do cinema, relacionado à sua obsessão com “a capacidade do cinema de registrar transformações irreversíveis, como a morte e o nascimento” (Fay, 2008, p. 42) – aqui deve-se lembrar da dimensão simbólica que o teórico atribui ao cinema, como um meio capaz de preservar a passagem do tempo, evitando uma “segunda morte espiritual” que levaria o homem ao esquecimento definitivo (Bazin, 2018, p. 28).

Daney irá argumentar que, para Bazin, o que proíbe a montagem é justamente “a possibilidade de filmar a morte” (Daney, 2007, p. 56). A partir de uma série de binômios que ele identifica na obra de Bazin – homem/animal; um/outro; homem/homem; antes/depois; vida/morte – Daney compreende que o tipo de montagem ao qual Bazin se opunha seria uma morte generalizada que não evidencia seus perigos na realidade do plano, privando “o obsessivo de sua fantasia” (Daney, 2007, p. 56). Nesse sentido, o grande erotismo de Bazin: o cineasta deve merecer suas imagens, mesmo que elas tragam consigo a iminência de algum tipo de morte (*ibid.*, p. 61), como no caso de Carlitos preso na mesma jaula que

o leão, e igualmente detido no mesmo plano cinematográfico – é justamente a coabitação nas fronteiras do quadro que constitui o perigo da convivência ao qual o espectador não se deve furtar de olhar. Essa dimensão entre realidade e morte é claramente exposta nos escritos de Bazin: “Mostrar em primeiro plano um ‘selvagem’ cortador de cabeças observando a chegada dos brancos implica forçosamente que o indivíduo não é um selvagem, já que não cortou a cabeça do operador” (Bazin, 2018, p. 63).

Desse modo, para Daney a tela se torna uma espécie de “panela” que, ao queimar a realidade, o significante, expõe a “pele” ao perigo do real: “assim o cinema da transparência se apaixona apenas por aquilo que o limita, o impede. Ele cria um culto apenas porque sabe que – de todo modo – ela [a realidade] não existe” (Daney, 2007, p. 57). O animal, nesse sentido, é o Outro invisível, com cuja habitação o homem enfrenta tanto uma morte física como simbólica, dentro do filme.

Fay irá estender esta interpretação para pensar a obsessão de Bazin com os animais como uma expressão direta de seu pensamento pós-humanista e, pensado em nossos termos, trans:humanista. Na medida em que esta defesa de cenas com animais retira o humano do centro do mundo (atitude ligada também à objetividade do aparato cinematográfico, que para Bazin não diferenciaria humano e natureza), o realismo é também uma forma de percepção que “revela detalhes de uma vida animada e inanimada perdida para a atenção e a história antropocêntrica” (Fay, 2008, p. 42).

Nesse sentido, pode-se afirmar que Bazin é um autor proponente de um novo humanismo trans:humanista, que transcende os interesses do olhar humano para pensar o mundo como convivência de alteridades que inclui éticas, discursos e direitos não antropocêntricos. Ao defender que se viva o perigo da coabitação, a tese de Bazin é de uma defesa radical do cinema como meio que transcende as formas convencionais do olhar, tensionando os limites do corpo humano e produzindo uma convergência entre o tempo da civilização e o da natureza (Fay, 2008, p. 50). A própria imagem se encontraria além do desejo humano, encontrando uma singularidade partilhada entre os seres e o mundo (p. 51). Através da natureza realista do cinema como janela para o mundo, assim o elemento humano também se veria em tela como um “outro” (Vacche, 2011, p. 150).

Ainda na tradição de Daney, Seung-Hoon Jeong argumenta que a presença dos animais no cinema e nos textos de Bazin também diz respeito a um acordo entre a representação, do lado do diretor, e uma crença no imaginário e na ilusão, por parte do espectador (Jeong, 2011, p. 179).

À medida que a representação da morte é a verdadeira “obscuridade da imagem cinematográfica”, Bazin aceita o fato de que não se pode capturar plenamente a imagem do animal, e de que este é invisível diante da constante utopia não realizada do cineasta de parar a morte e o tempo (Jeong, 2011, p. 184). Neste sentido, o cinema não se encontra senão na sua dimensão relacional, na maneira com que espécies e coisas se juntam ao humano em suas diferenças singulares. Compartilharia assim a crença em um campo emaranhado e relacional de algumas das mais importantes interpretações da mecânica quântica, de David Bohm a Carlo Rovelli. O animal estaria, portanto, entre o visto e o não visto, entre a subjetividade e o nada (Jeong, 2011, p. 182).

Esta perspectiva está profundamente alinhada à ontologia contemporânea dos não humanos e ciborgues, representada por Donna Haraway, filósofa, zoóloga e escritora estadunidense, que pensa a história como um processo de coabitação e coevolução interespecíficas (Haraway, 1990, p. 12). Para Haraway, ciborgues e animais seriam parte da mesma família queer de espécies companheiras, que estabelecem com os humanos relações de alteridades significativas (*ibid.*, p. 19), na medida em que se respeitam suas particularidades como espécies coevolutivas – relação não necessariamente agradável, mas obrigatória enquanto parte do sistema natureza-cultura. A emergência dos seres ocorre sempre em simbiogênese: nos interstícios relacionais da simbiose humano-não-humano. Pensando a afinidade interespecífica entre humanos e cachorros, Haraway afirma: “quero convencer meus leitores de que, enquanto habitantes da tecnocultura, é nos tecidos simbiogênicos da natureza-cultura que nos tornamos quem somos, nas narrativas e nos fatos” (Haraway, 1990, p. 24). É impossível não pensar, por exemplo, no cachorro com quem Umberto D. (De Sica, 1952; Figura 3) divide sua trajetória, e com quem sabe que deve morrer junto para não o deixar sozinho.

O resgate da teoria de Bazin, nesse sentido, permite pensar o mundo contemporâneo a partir das imagens, na medida em que aponta caminhos para entender o cinema como mediação de entridades heterogêneas e como um agregado relacional de media trans:humanas, em que a tecnologia pode ser também um meio para distribuição do sensível entre as diferentes formas de vida orgânica e inorgânica, do mesmo modo que Bazin comparara a simbiose entre tela e pintura como uma espécie de líquen, que estabelece uma parceria entre diferentes mídias e formas de sentir. Para Angela Della Vacche, esse processo permite pensar “mediações entre o humano e o não humano, entre arte e cultura, e, ao fazer isso,

promover os dois lados, enquanto estão dispostos a aceitar um ao outro e celebrar suas diferenças ontológicas” (Vacche, 2011, p. 148).

## Corpo, Terror e Tecnologia

A grande herança da crítica cinematográfica do período pós-guerra foi a reintrodução da importância da análise da *mise-en-scène*, termo francês que abrange a disposição e a movimentação dos personagens, dos objetos e da própria câmera em uma cena específica, intrinsecamente ligado à corporalidade e à expressividade do corpo no espaço cinematográfico. Essa premissa foi seminal para o desenvolvimento da política dos autores, concebida pelos jovens cineastas da Nouvelle Vague, discípulos de Bazin, que desempenharam um papel crucial na transformação do cinema moderno. Dessa forma, a interconexão entre corpo, movimento e a *mise-en-scène* não apenas fundamenta o tecido narrativo do cinema, mas também delinea sua evolução estilística e estética ao longo das décadas.

Paralelamente a esse movimento, na segunda metade do século XX, surgia o transumanismo. Conforme mencionamos, o transumanismo fundamenta-se na premissa de que os seres humanos, em sua condição presente, não representam o ápice de seu desenvolvimento evolutivo, mas sim encontram-se em uma fase inicial desse processo. Este movimento visa aprimorar a condição humana por meio da aplicação de avanços científicos e tecnológicos, sustentando a convicção de que tais progressos serão de magnitude suficiente para transcender a categorização atual dos seres humanos. Os pós-humanos seriam os humanos intermediários de um processo que culminaria com os transumanos: os humanos que transcendam finalmente a biologia, para usar a expressão de Ray Kurzweil (Kurzweil, 2014). Os adeptos mais extremistas desse movimento contemplam a possibilidade de alcançar a imortalidade como um objetivo viável e desejável. Ao buscar uma transformação radical por meio da fusão entre ciência, tecnologia e a experiência humana, o transumanismo propõe uma visão futurista que desafia as fronteiras convencionais da existência humana e aponta para um potencial redefinição do próprio conceito de humanidade (Humanity+, 2025).

Embora alguns transumanistas afirmem que suas ideias existem há milênios, é geralmente reconhecido que a fundação do movimento e a criação do termo “transumanismo” podem ser atribuídas a Julian Huxley, biólogo, irmão de Aldous Huxley (Elliot, 2003). *O Manifesto Transumanista*, publicado inauguralmente em 1983, tornou-se uma peça central na consolidação e disseminação dessas ideias, ganhando proeminência

recentemente em virtude dos rápidos avanços na ciência e na tecnologia. Tais progressos têm possibilitado a contemplação de cenários que, décadas atrás, seriam considerados prerrogativas exclusivas da ficção científica (Humanity+, 2025).

Diversos indicadores são apontados como evidências potenciais da realização da imortalidade. Destacam-se, dentre eles, a viabilidade do transplante de órgãos e o desenvolvimento de órgãos biônicos. A perspectiva de substituir órgãos disfuncionais por meio de transplantes, aliada à concepção de órgãos biônicos, sugere a possibilidade de superar a mortalidade orgânica (Elliot, 2003). Ademais, as modificações genéticas emergem como um mecanismo estratégico. Os transumanistas advogam pela alteração do genoma humano como uma intervenção eficaz para a consecução dos denominados "pós-humanos". Ao assumir controle sobre os elementos genéticos, a habilidade de modificar diversas características do corpo humano é postulada, incluindo a capacidade de influenciar a natureza e características de gerações futuras, perspectiva explorada no filme *Gattaca: Experiência Genética* (1997), uma narrativa ficcional que antecipa as possibilidades e desafios éticos associados à manipulação genética (Elliot, 2003).

Destaca-se também a progressão da nanotecnologia. Segundo as projeções de Eric Drexler, a nanotecnologia viabilizaria a criogenia humana, um processo que envolve a preservação de corpos humanos por meio do congelamento, com a perspectiva de ressuscitá-los no futuro, concebida pelos transumanistas como uma estratégia de preservação até o auge do desenvolvimento científico. Essa tecnologia poderia transcender as limitações naturais do homem, desencadeando uma série de possibilidades, como a erradicação de doenças, mediante a reparação de células, design de DNA e edição gênica, impulsionando substancialmente a longevidade e a expectativa de vida humana. De outra forma, basta congelar o indivíduo e esperar o momento em que a cura de sua doença já tenha sido descoberta (Elliot, 2003).

As aplicações potenciais da nanotecnologia também incluem o escaneamento integral do cérebro humano, possibilitando sua transferência para sistemas computacionais. Essa técnica sugere a transição da consciência humana para um formato digital como uma forma de expansão das fronteiras da experiência humana, impulsionando a busca pela transcendência das limitações biológicas. Este avanço, assim, configura-se como um componente integral no imaginário transumanista, ampliando as perspectivas sobre os potenciais transformações no âmbito da vida e da

existência humanas. A própria transferência de consciência ao meio digital está presente na série *Years and Years* (2019), de Russell T. Davies, que representa uma jovem garota transumanista que deseja fazer essa operação por não estar satisfeita com seu corpo, mas encontra resistência em sua família, que não entende a decisão. E inúmeras alterações defendidas pelos transumanistas permeiam o imaginário coletivo, desde o final do século XIX até os dias de hoje, sobretudo nos universos *sci-fi*.

Não tardou para que essas experiências e suas questões éticas fossem exploradas no audiovisual. Há uma qualidade inerente de estranheza e disrupção no cinema, que ao longo das décadas tem sido reprimido. Porém, essa estranheza o torna particularmente apto para explorar as complexidades da forma transumana e as interconexões entre o ser humano e a máquina. Segundo Nicholas Royle, a própria “indústria do cinema poderia ser definida como uma forma paliativa de reprimir a estranheza do filme” (Royle, 2013, p.75). Este traço peculiar revela-se de maneira mais evidente no domínio do cinema de terror, notadamente nas obras de David Cronenberg, um destacado representante do gênero de horror corporal (*body horror*). Essa peculiaridade encontra-se estreitamente associada à abordagem do corpo na filmografia do diretor. O subgênero do horror corporal, que se concentra nas mutações e metamorfoses físicas, proporciona um terreno fértil para a manifestação da estranheza latente no cinema.



**Figura 4:** A Máquina de Alex (2023) de Maël Le Mée. Fonte: <https://mubi.com/fr/br/films/alex-s-machine>.

Como estabelecido, a conexão intrínseca do cinema com o corpo permeia a construção deste elemento artístico. A obra de David Cronenberg exerceu notável influência sobre outros cineastas, como ilustrado no curta-metragem *A Máquina de Alex* (2023), dirigido por Maël Le Mée (Figura 4). O filme explora um universo onde os carros são seres vivos, com órgãos no lugar de seus motores e engrenagens e, portanto, os mecânicos se tornam médicos que operam nessas máquinas orgânicas. A concepção da obra, alinhada a diversos outros exemplos presentes na história do *body horror*, dialoga com a proposta teórica de André Bazin e Donna Haraway, ao vislumbrar a possibilidade de um cinema não antropocêntrico. Podemos dizer: um transcinema trans:humanista. Nessa perspectiva, a narrativa propõe um universo no qual os humanos coexistem em igualdade com outras formas de vida, transcendendo as barreiras tradicionais entre o humano e o não humano.

A personagem principal do filme estabelece uma relação com uma máquina que ela mesma criou, interação desaprovada pelos habitantes da cidade, gerando um conflito que espelha a dicotomia entre o pensamento humanista tradicional e aquele defendido por André Bazin. Os demais personagens recusam reconhecer a possibilidade de uma relação entre o ser humano e a máquina, refletindo uma perspectiva antropocêntrica arraigada em seu entendimento de mundo. Segundo essa lógica, qualquer interação entre humanos e máquinas é percebida como degradante, uma vez que, na visão predominante, o ser humano ocupa uma posição hierárquica superior à máquina. O ponto de convergência entre os cineastas reside na defesa de um humanismo que não se sobreponha de maneira exclusivista a outras formas de vida. Ambos propõem uma visão mais inclusiva e equitativa, na qual a relação entre humanos e tecnologia transcenda as fronteiras convencionais, contemplando uma coexistência colaborativa. Essa noção simbiogênica e colaborativa interespecista atravessa toda cadeia do ser, desde os processos artificiais produzidos pela tecnociência às mais profundas instâncias meta-humanas da animalidade e da vegetalidade. Esse tensionamento produz o horror da deformação. A deformação gera horror justamente porque sinaliza a decomposição do corpo humanista antropocêntrico que, durante milênios, serviu de parâmetro para todas as figurações dos corpos e dos humanos. Tendo em vista esse transcinema trans:humanista que pretende superar os paradigmas humanistas da representação, vale a pena nos atermos a um dos maiores cineastas em atividade hoje: David Cronenberg.

## Corpo, Ciborgue e Cronenberg: o Paradigma CCC

Afastando-se da concepção perfectibilista e melhorista do transumanismo, surge uma perspectiva aliada do trans:humanismo defendido aqui: a perspectiva compostista. A teoria compostista dialoga com o aspecto biológico dos seres vivos e inanimados, e Donna Haraway é uma de suas maiores expoentes. Como o nome sugere, o compostismo define o ser humano como uma unidade orgânica-inorgânica composta de infinitas outras unidades não humanas da mesma natureza. Essa visão compreende a evolução das espécies a partir das condições contingentes das relações entre natureza e tecnologia. Essas relações emergem da rica decomposição orgânica e das condições histórico-ambientais nas quais surgiram. Na contramão do determinismo, Haraway defende o compostismo como uma forma de reconhecimento da especificidade que diferencia cada ser e atesta sua existência para além dos modelos reducionistas da ciência moderna. Chamaremos esse novo paradigma compostista de representação do audiovisual de Paradigma CCC: Corpo, Ciborgue e Cronenberg.

O compostismo produz ainda outras rupturas em relação ao paradigma da ciência e do sujeito modernos, dentre elas a hierarquia homem e animal e a contraposição entre natureza e cultura. Em vez disso, Haraway compreende um processo de “natureza-cultura” em que ambos se misturam e se tornam indissociáveis na experiência dos seres, na medida em que se relacionam e se afetam mutuamente (Haraway, 2005). Nesse sentido, a autora etnografa humanos e não humanos de um modo que extrapola a ciência moderna, pois esta separa o cientista (humano) de seu objeto (o mundo que habita e as coisas nele contidas). Um dos postulados centrais da teoria quântica é a alteração que quaisquer observadores-iteradores produzem nos fenômenos e nos resultados objetivos obtidos por meio da experimentação. Isso não significa que não haja objetividade da mensuração. Tampouco significa que o sujeito de per se cria o mundo e o mundo seria, nesse sentido, destituído de objetividade. Como o realismo de Bazin, significa que uma nova concepção expandida e englobante de objetividade precisa necessariamente incluir campos cada vez mais vastos e heterogêneos de observadores-iteradores. Apenas assim podemos criar um novo realismo e uma nova objetividade que estejam à altura da complexidade da natureza e do universo.

Compreender os processos que conectam humanos e não humanos indissociavelmente e a forma com que um não pode se dar sem o outro: essa é a chave para o pensamento complexo e fractal de Haraway, regido pelos princípios holográficos, segundo os quais o todo é maior do que a soma das partes e o todo estaria contido nas partes (Morin, 2015). Paralelamente, dado que os seres existem apenas como emaranhados

e apenas à medida que se relacionam nas malhas da concrecência<sup>1</sup> do mundo atual, distanciamonos aqui de todo essencialismo perfectibilista e melhorista do transumanismo que, no limite, segrega os seres e os hierarquiza por meio de uma criptoeugenia. Por sua vez, a autora vê nos corpos historicamente subjugados e biologicamente alterados uma tecnologia de corpos em coevolução<sup>2</sup>. E, mais do que isso, a potencialidade de pensar os processos adaptativos de Darwin sob o ponto de vista relacional, não apenas como respostas dos seres vivos a um ambiente hostil e muitas vezes apenas inerte.

Nesse processo, as relações interespecíficas ganham mais destaque, pois são indissociáveis do ser e vice-versa. Também não há um senso de exclusivismo entre espécies, permitindo um estudo sério do companheirismo entre elas, bem como das tecnologias adotadas por um ser como meios (media) de expansão de suas habilidades e funcionalidades. E esse seria o caso dos ciborgues<sup>3</sup>. Não havendo, portanto, um fundamento comum que defina e classifique cada qual ser, a permeabilidade entre eles e a permissividade com que alterações ocorrem os dota de uma plasticidade potente, passível, dentre outras coisas, de sobrevivência.

David Cronenberg é um dos maiores catalisadores dessas questões trans:humanistas no audiovisual. Desde o começo de sua carreira, Cronenberg dinamita o âmago dos discursos humanistas. E transpõe algumas das principais fronteiras estabelecidas entre humanos, animais e máquinas. Cronenberg é um mestre da narrativa e da dramaturgia. E isso se evidencia em sua obra de matriz mais realista que conta com obras-primas como *Marcas da Violência* (2005), dentre outras. Uma das chaves de sua arte, o tema da violência surge aqui em um enquadramento mais realista e menos concentrado em especulações ontológicas que marcam sua produção mais tecnicamente trans:humanista. Essas especulações passam a percorrer toda sua filmografia, e se materializam nos apagamentos cada vez mais profundos das fronteiras artificial-natural.

---

1 “Concrete” ou “concrecence of prehension” – um termo emprestado por Haraway de Alfred North Whitehead para se referir a uma “ocasião de fato” dada pela interação entre seres que tanto se constituem uns aos outros quanto se constituem a si mesmos (Haraway, 2008, p. 6).

2 A coevolução, em Haraway, busca levar em conta a via de mão-dupla do contingente de relações que impacta qualquer corpo em processo evolutivo ao passo que este afeta os corpos ao seu redor, também em processo evolutivo.

3 Haraway (1990) discorre sobre o tema dos ciborgues em *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*, contido um de seus escritos mais populares, o *Manifesto Ciborgue*.

Esse apagamento é trabalhado em suas origens profundas, históricas e antropológicas, como se pode ver no curta-metragem *Four unloved women, adrift on a purposeless sea, experience the ecstasy of dissection* (Cronenberg, 2023). O curta traz para cena as figuras femininas humanas de cera do século XVIII, em consonância e em contraste com os humanos-máquinas de Descartes e de La Métrie, dentre outros pensadores de uma mecanização integral dos seres vivos. Ao mesmo tempo, semelhantes a manequins, as personagens exponencializam a organicidade por meio de órgãos projetados para fora do corpo-escultura, simulando que foram violentadas. Os corpos deitados flutuam placidamente sobre boias em uma piscina. As feições sugestivamente indígenas de algumas das manequins nos conduzem a uma operação interessante de signos. Temos uma sobreposição de um campo de signos relativo às casas luxuosas, vistas e revistas nas estereotípicas de n-filmes. E temos as marcas da violência expropriadora da interioridade, os órgãos expostos e cristalizados, como se fossem parte de uma escultura, um buquê aberto da morte ou o resultado de um ritual de canibalismo. Ao mesmo tempo, os rostos tranquilos das personagens nos remetem a um esvaziamento do *pathos* trágico.

Se entendermos a tragédia como a tentativa de conciliação de antinomias inconciliáveis, a arte de Cronenberg de fato corta todos os acessos à tragédia. A tragédia seria uma maneira romântica ou burguesa de trabalhar as fraturas de um imaginário, buscando uma conciliação entre forças autoexcludentes. O mito trágico e romântico por excelência seria Frankenstein. Contudo, o universo de Cronenberg dispensa essas efusões românticas e essa profundidade trágica, ambas sequestradas pela imaginação conservadora. Como artista e pensador trans:humanista, interessa-lhe mais agir com a frieza de um dissecador de cadáveres: explicitar o capitalismo do século XXI, mostrando, simultaneamente, as contradições do sistema e as potências revolucionárias latentes nesses ciborgues dissidentes e monstros *queer*.

Os filmes dos anos 1980 como *Videodrome* (1983), *Gêmeos: Mórbi-da Semelhança* (1988) e sobretudo *A Mosca* (1986) estabelecem as bases desse projeto de radicalidade ímpar no audiovisual contemporâneo. Para consumir esse projeto, Cronenberg precisa recorrer a um imaginário delirante e mesmo tecnicamente psicótico, mesmo quando não segue as premissas de embaralhamento trans:humanista dessas fronteiras ontológicas. Por isso, *Mistérios e Paixões* (1991), adaptação de *Naked Lunch* (1959), romance autobiográfico no qual William Burroughs descreve suas

experiências-limite com drogas, é importante para expandir as portas da percepção e as fronteiras da representação do corpo.

Outros filmes, como *Cosmópolis* (2012) e *Mapas para as Estrelas* (2014), mesmo se valendo de recursos do horror corporal, funcionam como demarcadores de uma dimensão essencial da arte de Cronenberg: a dimensão política. Essa dimensão se expressa em uma ironia corrosiva dos mecanismos do capitalismo. Essa ironia se produz a partir de um trabalho consciente em torno dos clichês industriais do audiovisual. Sejam as aspirações de Hollywood ou de Wall Street, sejam os lugares-comuns que hoje em dia dominam o oceano de imagens da internet, Cronenberg opera assim uma recodificação dos campos previamente estabilizados do imaginário coletivo (Foster, 1996), conduzindo-os assim a um processo de autodestruição.

Nesse sentido, o tensionamento do humano e do corpo em direção ao seu Outro apaga as demarcações atuais do corpo e do humano. Esse apagamento de fronteiras demonstra o funcionamento do biopoder cujo objetivo é a expropriação da vida. Paradoxalmente, essas forças não podem ser combatidas a partir de perspectivas naturalistas ou idealistas, anteriores ou posteriores à hibridização de humanos, animais e máquinas. Se postularmos uma possibilidade de purificação desses corpos híbridos (Latour, 1994), tornaremos a operação de expropriação da vida pelo Capital duplamente bem-sucedida. Apenas uma aposta na monstruosidade pode salvar a monstruosidade e conferir-lhe a dignidade que lhe cabe e que lhe foi alienada. O monstro é o que sobra de um processo de depuração cujo objetivo seria atingir o sucesso. Em outras palavras, o monstro não cabe nem na linguagem nem no Capital (Žižek, 2014). Em certo sentido, aspirar à monstruosidade seria o oposto simétrico dos projetos transumanistas. As estratégias do biopoder produzem o monstro não para autonomizá-lo em sua monstruosidade, mas para melhor controlá-lo e se valer dele para fins utilitários.

A arte de Cronenberg tematiza o monstro e, ao mesmo tempo, mostra que a monstruosidade é apenas um sinônimo para a vida que se excede a si mesma. Uma tripla tautologia, na medida em que monstro, vida e excesso são apenas termos diferentes para designar as formas mais elevadas de potência. E apenas assim, monstruosa, a vida consegue escapar dos agentes de sua alienação, que a querem em uma jaula, não ao ar-livre. Normatizar o monstro é um dos projetos liberais em curso e em franca expansão. Essa normatização depende que paradoxalmente neutralizemos a monstruosidade do monstruoso. Ou seja: que vivamos em um mundo disfuncional sem que reconheçamos essa disfuncionalidade. O trans:hu-

manismo aqui tem um papel fundamental: explicitar a violência e as contradições da monstruosidade. A despotencialização da vida não estaria na constituição ambivalente do monstro como monstro, híbrido tentacular, proteiforme, disforme e multiforme de humano-máquina-animal. Estaria, sim, na impossibilidade de fornecer os meios para a sua emancipação, para o reconhecimento de sua dignidade e de sua efetividade política e ontológica. Esses processos encontram suas expressões mais cabais em *Crash: Estranhos Prazeres* (1996), *eXistenZ* (1999) e *Crimes do Futuro* (2022).

Em *Crimes do Futuro*, interpretado por Sozos Sotiris, Brecken é um menino capaz de digerir plástico. O pensamento compostista se situa nessa fronteira, e trata das divergências possíveis entre os seres futuros e a ocasião que os precedeu. Cronenberg explora na ficção científica o que Haraway instiga com sua fabulação especulativa, isto é, formas de interação norteadas por novas formas de sobrevivência: a solidariedade simbiogênica trans:humana. No filme, a mutação humana ocorre na forma de tumores que, se não removidos, podem produzir uma ferramenta biológica, um apêndice útil para a manutenção do ser que o carrega. Em um Antropoceno geologicamente marcado por microplásticos, a ideia de uma espécie compostista desse derivado petroquímico parece digna de entreter.

O conflito externo gira em torno da aceitação dos não humanos que carregam as mutações, e se concentra em uma vertente social humana chamada "moral", organizadora dos diversos sistemas relacionais dessa espécie. O enredo contrapõe os puristas àqueles que acreditam na instrumentalização das alterações biológicas. A discriminação enfrentada pelos protagonistas do filme espelha uma dinâmica semelhante à *Máquina de Alex* (2022). Alex é a única garota de um curso de biomecânica automotiva e precisa construir um motor feito de carne artificial. Contrariamente ao esperado, ela passa a sentir prazer com essa relação. Por seu lado, o restante da população, confinada aos limites da ordem natural e enraizada na primazia do ser humano sobre outras entidades, revela uma incapacidade intrínseca em apreender as possibilidades emergentes da tecnologia. Afinal, corpos dissidentes, ciborgues, são produto de uma realidade social que os rejeita e são, portanto, excluídos de qualquer essencialismo. Daí o pavor dos que obedecem à classificação biológica tradicional: os ciborgues não estão inscritos e não obedecem ao sistema hierárquico que sobrepõe o homem ao animal, à máquina e a todos os demais não humanos.

Nos filmes de Cronenberg, há, portanto, uma tentativa de explorar a fusão dos humanos, tanto com outras espécies quanto com ferramentas inanimadas, máquinas que aumentam as habilidades e funções do corpo,

conferindo novo significado ao novo meio físico. Em Haraway, esses seres se tornam ciborgues que, desconfigurando-se e se recodificando, passam a constituir um sistema cibernético alternativo que responde também de forma adversa aos sistemas informacionais que codificam a sociedade. Nesse sentido, o corpo modificado em si é visto como mídia conectada aos processos experimentados na interface relacional natureza-cultura, dotando-a como consequência de novo significado.

Cronenberg investe justamente na intimidação que esses corpos causam para potencializar o terror e a falta de familiaridade com o reproduzido na tela. Corpos dissidentes, que transitam entre a humanidade e a não humanidade, geram apreensão por não serem passíveis de controle e por alterarem imprevisivelmente aqueles com quem estejam em relação. A impossibilidade de ver para além dos sistemas hierárquicos gera o medo de que estes corpos possuam vantagens capazes de fazê-los sobreviver aos humanos. A indisposição para se associarem e cooperarem com não humanos realiza exatamente o motivo da apreensão.

A aposta volta-se sobre mutações genéticas que geram apêndices ativos e úteis, como os não humanos em *Crimes do Futuro*, ou em corpos que se complementam pela máquina para atingir outros níveis de prazer físico, como Saul Tenser e Caprice, casal protagonista do filme. Esse tema havia sido explorado em profundidade por Cronenberg em *Crash: Estranhos Prazeres* (1996), um filme que aborda a subcultura de pessoas que exploram o prazer sexual de acidentes de carro, bem como de corpos por eles marcados com cicatrizes e sequelas. Aqui, a reconfiguração física em associação com a máquina leva os corpos a responderem adversamente a estímulos da natureza-cultura, pois seus próprios sistemas cibernéticos são recodificados para tanto.

Os filmes de Cronenberg aproveitam-se exatamente de uma predisposição à verossimilhança no que diz respeito à representação da realidade de imagens captadas por meio de objetos técnicos, mecânicos, não humanos. Para além da capacidade de jogar com a percepção do espectador acerca de uma boa trucagem, o diretor busca a suspensão da descrença, possibilitada pelas narrativas, e o atestado fílmico, inerente ao meio cinematográfico, para que desse movimento surjam registros da emergência de novos modos de alteridade.

Nesse sentido, os filmes passam a desfrutar de uma capacidade especulativa que confere complexidade aos corpos captados: trata-se de seres que resultam de suas relações, carregando, portanto, experiências recodificadas em si mesmos. O corpo torna-se mídia e o aparelho téc-

nico responsável por sua captação e reprodução dota esta mensagem de verossimilhança. Como elaborado por Jussi Parikka, teórico finlandês da mídia, em seu *Insect Media* (2010), não apenas a informação, mas a forma de organização e armazenamento da informação nas redes de interação, incluindo redes biológicas, passam a definir a mensagem. Portanto, aqui, as redes de comunicação tradicionais deixam de ser vistas como os únicos meios nos quais a informação transita e pela qual é mediada.

Parikka volta-se sobre a questão da comunicação em sistemas alternativos de armazenamento de dados, ressaltando a descentralização, o paralelismo massivo e a cooperação que podem emergir de modelos que não o antropocêntrico. A teoria defendida pelo autor coloca muito mais peso sobre as relações e a possibilidade de “contaminação” entre os seres no processo: “A tradução, então, não é uma operação linguística sem resíduos, mas uma transposição, e uma operação muito mais ativa nos níveis de uma produção midiática não discursiva” (Parikka, 2010, p. 13). Os corpos não seriam individual e especificamente fechados em si e em suas formas herméticas de comunicação. Seriam sim singularmente resultantes de relações complexas em constante renovação. Captar mecanicamente o evento e reproduzi-lo infinitas vezes permite um movimento de análise microscópica das percepções e capacidades do não humano, sem que necessariamente se firme, no entanto, um compromisso com o projeto moderno-científico que os excluiu da equação. Contido nesse movimento de registro mecânico, há uma “potência catalisadora de forças animais em uma sociedade de mídias técnicas e um mapeamento de singularidades das novas forças emergentes na junção de técnicas” (Parikka, 2010, p. 35). Essas propriedades emergentes muitas vezes nos convocam a experiências-limites. Essas experiências podem ser compreendidas como modalidades e variações da estranheza oferecida pelas novas leis que regem o universo, oriundas da teoria quântica.

## **A Teoria Quântica e o Estranho**

A teoria quântica é um dos maiores abalos da filosofia e da ciência ocorrido em milênios. Esse abalo pode ser descrito a partir de alguns problemas abertos por essa teoria. Um dos problemas mais graves trazidos pela teoria quântica é um problema simultaneamente epistêmico e ôntico. Ou seja: diz respeito aos meios pelos quais conhecemos a natureza e às propriedades fundamentais da própria natureza. Esse problema pode ser resumido em um termo: o problema da indeterminação. Não por aca-

so, se tomarmos interpretações bastante distintas do mundo quântico, de Niels Bohr e Erwin Schrödinger a Paul Dirac e Werner Heisenberg, de David Bohm e De Broglie a Hugh Everett e John Wheeler, de David Deutsch e Brian Greene a John Bell e Edward Witten, veremos que o problema da indeterminação ôptica-epistêmica permeia todas as suas formulações e sistemas. Podemos dizer que mesmo as soluções parciais para os impasses quânticos não obterão êxito enquanto o problema da indeterminação não for enfrentado. E a melhor maneira de enfrentar a indeterminação é sustentar o indeterminado como indeterminado. Em outras palavras: manter o estranho como estranho, sem tentar reduzi-lo a padrões preexistentes de discernibilidade e inteligibilidade, como continuam a fazer tantos pensadores e cientistas herdeiros do reducionismo e do dualismo.

Haveria aqui um elo profundo entre o quântico, o trans:humano e o *queer*. E, partindo da premissa de que a natureza é *queer*, toda compreensão da natureza deve sustentar a tensão dos estranhos-estranhos, para sempre estranhos e estrangeiros, em relação a si mesmos e aos outros (Morton, 2023). Como um monstro infinito e inexaurível, a experiência do estranho nunca se erradica ou estabiliza. Como um processo de diferença diferida e de diferença diferente, a diferença nunca produz uma unidade capaz de transcendê-la em sua essência diferenciadora e infinita (Derrida, 1991; Deleuze, 1988; Petronio, 2025). O estranho nesse sentido nunca pode ser solucionado pelos dispositivos, enunciados e valores da razão, seja ela dualista ou transcendental.

Como isso se relaciona com o audiovisual? Bazin não foi o primeiro nem será o último a se questionar sobre o que é o cinema. Ao se fazer essa proposta, logo se embaçam as delimitações dos domínios dessa forma artística. O cinema é apreendido de forma mais rica quando entendido como uma manifestação pluralista, que transita em diversos âmbitos: visual, sonoro, estético, subjetivo, tecnológico e assim por diante. Como uma arte “impura”, ele se encontra nos “entres”, flui nas bordas difusas de seus vizinhos, se acoplando por onde passa e criando assim uma rede imensa de relações. O cinema não se ocupa de entidades que lhes sejam exteriores. Tampouco se resume a um jogo entre ser e ente. O cinema é uma entridade – uma entidade intersticial: uma ontologia do entre (Petronio, 2025).

Por isso, as relações entre cinema e ontologia são tão importantes. O questionamento sobre a ontologia cinematográfica rende longas discussões justamente pelo caráter de difícil delimitação desse termo, uma vez que é difuso. Se fosse pensada uma fronteira para o cinema, ela não seria uma linha sólida, e sim um gradiente com delimitação vaga. É certo que, para questões de definição, eliminar qualquer vagueza que possa

haver na significação do cinema e no seu estudo ontológico encurtaria inúmeras discussões e resolveria um aparente problema. Entretanto, manter o cinema como um elemento transeunte entre diferentes espaços é o que garante a criação e uma maior amplitude de laços e relações. Estar localizado nas bordas gradientes é se aproximar do mundo por meio de existências em relação. A faculdade de relacionar-se é a grande riqueza que se insere na experiência do cinema por meio de sua indeterminação.

Os termos difusos, que possuem vagueza em sua definição, foram objetos de estudo da lógica clássica. A partir do *linguistic turn* e do chamado logicismo formal, matemáticos e filósofos como Gottlob Frege, Moritz Schlick, Rudolf Carnap, Bertrand Russell e Ludwig Wittgenstein defenderam a abolição de tais termos, a maioria deles de natureza metafísica, e que causariam apenas confusão e incoerências. Caberia à filosofia assimilar a objetividade da ciência. E trabalhar os conceitos na imanência da linguagem. Para tanto, a filosofia deveria dissecar as sentenças, proposições, enunciados e predicados de modo a demonstrar em que medida eles não se referiam a problemas reais, como se supunha. Designariam apenas falsos problemas, oriundos de formulações errôneas. O problema, entretanto, não é tão simples. E, por isso, outros autores sustentaram a ideia de que não existem termos vagos ou aderiram a uma lógica que atribui diversos graus de verdade às sentenças, em uma tentativa de dominar a vagueza e resolver os paradoxos trazidos por ela. Essa tentativa também falha em alguns aspectos, pois a determinação de pontos de vista específicos para a definição de valores e de condições de verdade é muitas vezes arbitrária. E, ademais, tornar preciso os termos vagos a partir de delimitações exatas não esgota a nossa capacidade de distinção de predicados observáveis.

Como lidar com os resíduos metafísicos e ontológicos que continuavam presentes nas análises proposicionais? Houve então tentativas de solucionar esses impasses da indeterminação, protagonizadas por alguns expoentes da filosofia analítica e do pragmatismo, como Willard Van Orman Quine, Saul Kripke, Donald Davidson, Hilary Putnam, dentre outros. Em uma tentativa de abranger e solucionar esses termos difusos, de não fugir deles ou apenas fingir a sua inexistência, o cientista da computação e matemático Zdzisław Pawlak segue com a noção de indistinguibilidade ao formular a Teoria dos Conjuntos Aproximados. Essa teoria pode ser aplicada aos termos vagos e aos problemas causados pela região de casos fronteiros, fornecendo uma solução baseada na mudança da concepção de pertencer a um conjunto. Paralelamente a isso, o cinema rom-

pe por natureza com essas "tentativas ortodoxas de tornar precisa a ideia" (Read, 2014, p. 243), na medida em que incorpora seu caráter difuso, tirando maior proveito de sua indistinguibilidade e indecidibilidade. São justamente essas fronteiras difusas que conferem ao cinema sua essência plural e seu universo relacional. Quanto menos delimitado é um termo, mais espaço há para ele se relacionar com o que há ao seu redor. É o estar entre a intervenção criativa humana e o automatismo da máquina, entre o subjetivo de cada apreensão e o objetivo da imagem, entre os diversos objetos empíricos e uma unidade transcendental, entre a arte e a ciência. Para superar os impasses da filosofia analítica e da ciência, relacionados às distinções ontológicas, epistemológicas e linguísticas emergentes da indeterminação, podemos então unir três grandes matrizes: o cinema, a teoria dos conjuntos aproximados de Zdzislaw Pawlak e a cosmologia relacional de Carlo Rovelli.

Físico italiano que tem como objetivo tornar acessível conceitos científicos de grande importância e complexidade, Rovelli propõe uma nova forma de conceber a realidade por meio das relações na cosmologia. Para ele, tudo só existe em relação:

O mundo que observamos é um contínuo interagir. É uma densa rede de interações. Os objetos caracterizam-se por sua maneira como interagem. Se existisse um objeto que não tivesse interações, [...] seria como se não existisse. Falar de objetos que não interagem nunca – mesmo se existissem – é falar de coisas que não nos dizem respeito. (Rovelli, 2021, p. 74)

Em consonância com a mesologia, a teoria relacional dos meios-meios, tanto em sua ontologia quanto em sua cosmologia (Petronio, 2014, 2022), Rovelli ressalta o princípio relacional como base de toda a existência. Além disso, mostra-se adepto das fronteiras difusas quando defende a aceitação da indeterminação em resposta às interpretações da mecânica quântica que buscam sua erradicação. É precisamente essa indeterminação advinda da probabilidade que fez a teoria plantada pelo jovem Werner Heisenberg, na ilha de Helgoland, ser tão disruptiva, instigante e genial, ainda hoje em dia. Em Donna Haraway também se identifica a valorização desses dois fatores: a relação, principalmente as que criam alteridades significativas; e o difuso, representados nos seres permeáveis a classificações, transeuntes entre o humano e o não humano, como os ciborgues.

Não é à toa que muitas das grandes obras cinematográficas são aquelas que tiram proveito da dificuldade de classificação do cinema, produzindo uma significação subjetiva muito potente para cada espectador, além de novos modos de alteridade que se dão nas intermináveis relações

que se pode compor a partir de junções e *assemblages*, de partes distintas e de procedências diversas. Cria alteridades e um novo mundo de relações, ao não se enquadrar em um ser específico. É interessante observar quando o Estranho se apodera do cinema e gera uma camada difusa em segundo grau: quando além do próprio dispositivo cinematográfico possuir tal característica, a narrativa também se debruça sobre os inclassificáveis, os incertos, o Estranho. Como mencionado anteriormente, o cinema possui um predicado de estranheza que geralmente é coibido e domesticado pela indústria. Entretanto, cineastas como Cronenberg, que retratam a indistinguibilidade do real e do mundo tecnológico, tornam acessível essa camada difusa em segundo grau e a vagueza em ambas as dimensões, tanto nas ferramentas quanto no conteúdo.

É essa indistinguibilidade quântica e *queer* que permite o estabelecimento desenfreado e quase infinito de relações no cinema. Não é necessário refinar nossos métodos e critérios de distinguibilidade. Tampouco é preciso delimitar o que é o cinema ou torná-lo mais exato, pois a vagueza atribui pluralidade e multiplicidade de relações autônomas e singulares, criadas com cada espectador que assiste a um filme. Ao contrário do que se pode acreditar, o aparato cinematográfico é enriquecido por seu caráter difuso. Sua vagueza não deve ser eliminada, e sim celebrada pela multiplicidade de relações que proporciona. A vontade de classificar o cinema em um conjunto de fronteiras bem delimitadas, que não deem margem a dúvidas, limita aquilo de mais valioso que o cinema tem a oferecer.

Em meados do século XIX, acontecia a primeira viagem de trem da história. Até então, para se locomoverem por grandes extensões de espaço em um curto período, os humanos se utilizavam de ferramentas mais manuais ou naturais, como animais ou carroças, que permitiam uma eficiência maior no carregamento de peso e passavam a função de gasto de energia para outras fontes que não o seu próprio corpo. Mas a invenção do trem foi muito diferente. Com a energia à combustão transformada em movimento, de uma hora para outra, era possível mover uma locomotiva que pesava toneladas carregando um número de passageiros e cargas impensável para a época, sem que nenhum esforço físico fosse feito. A experiência de um passageiro ao sentir uma velocidade que nunca havia sido alcançada por um ser humano, enquanto estava apenas sentado e o mundo mudando à sua volta, sem fazer nada, era inexplicável.

Essa maneira de vivenciar o mundo abria uma pluralidade de possibilidades de se relacionar com este novo tempo e esse novo espaço. Poder enxergar essa nova perspectiva de locomoção, velocidade e tempo passou

cada vez mais a fazer parte do cotidiano de algumas pessoas, o que possibilitou que essa nova camada de informação oferecida pelo trem, essa nova forma de enxergar o lado de fora, fosse desenvolvida e pensada pelos passageiros. O mais incrível disso era uma nova relação com o mundo que não vem diretamente de outro ser, e sim de uma máquina criada pelo humano. A partir do momento que o trem começa a andar e tomar velocidade, é uma máquina não humana que movimenta o mundo e comunica informações ao passageiro, que interage com elas e pensa novas coisas, que não tinham sido pensadas antes daquela forma. Por isso, as tecnologias são sempre mais do que tecnologias. São sempre alterações de *media* e, por conseguinte, de modelos cognitivos e perceptivos da totalidade dos meios-mundos que nos cercam.

Analogamente, a arte tem a mesma característica. Depois de ser inserida no cotidiano dos seres humanos, torna-se uma fonte de informação sintética que comunica algo a alguém, independente do eventual conteúdo dessa mensagem. O cinema tem uma semelhança com o trem que o posiciona além das outras artes. Não por acaso, as imagens de trem dos irmãos Segatto são fundacionais do cinema brasileiro. E as locomotivas aparecem em diversos momentos do cinema mudo, bem como outras tecnologias, desde os irmãos Lumière. Essa relação do cinema com os *media* tem uma explicação. O cinema se baseia em uma reprodução do que seria o nosso sistema ocular. Pode assim reproduzir o nosso sistema nervoso central e os dados da percepção e dos sentidos. E, por causa da capacidade de edição, pode unir tempos e lugares distintos, tudo sincronicamente disposto diante de nós. Assim, podemos absorver uma quantidade imensa de informação de maneira passiva, e isso permite uma interação com o espectador com diversas camadas do filme.

Para explicar melhor o conceito de relação, Rovelli parte das teses quânticas e de suas interpretações do universo que podemos inferir a partir delas. Defende a premissa de que a existência se define pela relação. Ou seja, não faz sentido tentar explicar o mundo por meio de simplificações, reduções e entidades isoladas. Essas descrições e situações nunca seriam verdadeiras e suficientes para compreendermos a natureza. Elas nos ajudam a responder perguntas, mas podem nos levar por caminhos tortuosos ao tentar usar as mesmas generalizações para produzir explicações mais complexas.

Rovelli defende a igualdade do ser humano em relação ao resto do universo, onde nós só fazemos parte de um todo que se relaciona constantemente e troca informações a todo momento, gerando uma rede que

tece o universo. Da mesma maneira, o cinema em si tece uma rede de relações, por conta de sua característica de unir diferentes áreas da comunicação da informação, perceptivas e sensoriais, cognitivas e narrativas, espaciais e temporais. O filme articula imagens e sons e tempos e textos e narrativas, dotando-os de camadas e de sentidos suplementares que não eram evidentes e/ou existentes. Essas novas relações formais e informacionais entram em contato com espectadores virtualmente infinitos. E estes, por sua vez, podem adicionar ainda mais camadas para essa rede. O cosmos seria uma rede extensa e inextensa. Uma rede material e mental. O cinema seria uma das melhores analogias dessa estrutura profunda do universo, onde a fisicalidade e a mente se tocam e se diluem, identificam-se e se misturam.

O cinema seria então uma tecnologia extremamente poderosa. Depois de concluído um filme, ele se torna parte da existência e se relaciona com os espectadores de forma autônoma, tendo assim a mesma forma de relação que o trem. Essa coevolução entre seres artificiais e naturais, entre organismos e inorgânicos, entre humanos e não humanos, entre a matéria e a mente define o trans:humanismo. Nesse sentido, toda obra de arte seria um gesto de sinalizar para essa indeterminação trans:humana que nos constitui e de onde emergimos: o Vazio. A hermenêutica infinita das obras e dos receptores se expande para além da arte. Repousa na maneira pela qual todos os meios são meios de outros meios, em uma malha relacional aberta. Como propõe a teoria quântica, essa malha relacional repousa sobre o Vazio. E, por isso, como nos lembra Rovelli, a teoria quântica possui uma estranha conexão com a obra de um pensador budista indiano: Nāgārjuna (século II-III d.C.). Para Nāgārjuna, não apenas o cosmos é relacional. Não haveria uma primeira agência ou uma primeira causa de nada no universo.

As imagens do filme não seriam agenciamentos em nossa mente. As imagens do mundo não seriam agenciamentos no filme. Seguindo a potência dos afetos passivos de Espinosa, a passividade que define o cinema como cinema produz espaços, fendas, fissuras e aberturas que se ressoam em coevolução. Essas assemblages compostistas e trans:humanas unem o filme e o espectador, a materialidade e a mente, as ideias e os afetos, em uma cascata de espelhos e simulacros que renuncia à necessidade de um primeiro ser ou de uma primeira agência, real ou virtual. Por maior que seja a propagação e a replicabilidade das imagens e das mentes, a cada nova exibição do filme o humano se reconhece em um espelho. Diferente dos singularistas siderados no futuro, cada projeção de nossas vidas seria singular: uma fronteira que conecta em si tudo que existe – um evento.

## Referências

- AGAMBEN, Giorgio. *Homo sacer: o poder soberano e a vida nua*. Belo Horizonte: UFMG, 2002.
- ALEXANDRE, L.; BESNIER, J. M. *Os robôs fazem amor? O transumanismo em doze questões*. São Paulo: Perspectiva, 2022.
- ARROYO, Raoni. *Consciência e mecânica quântica: uma abordagem filosófica*. São Paulo: LF Editorial, 2024.
- AUMONT, Jacques; MARIE, Michael. *Dicionário teórico e crítico de cinema*. Campinas: Papyrus, 2003.
- BATAILLE, George. *O erotismo*. Tradução Cláudia Fares. São Paulo: Arx, 2004.
- BATAILLE, George. *A teoria da religião*. São Paulo: Ática, 1993.
- BAZIN, André. *O que é cinema?* São Paulo: Ubu, 2018.
- BENEVIDES, Maria Junqueira Netto de Sá; CASSIAS, Julia Stritzinger de; ESCOBAR, Luiz Gustavo Queiroz; PETRONIO, Rodrigo. Resenha do livro *O abismo vertiginoso*, de Carlo Rovelli. *TECCOGS — Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, n. 27. 2023, p. 118 –123. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/teccogs/article/view/64661/43715>.
- BENSUSAN, Hilan. *Linhas de animismo futuro*. Brasília: IEB | Mil Folhas, 2017.
- BUBER, Martin. *Do diálogo e do dialógico*. São Paulo: Perspectiva, 1982.
- DANEY, Serge. *A rampa*. São Paulo: Cosac Naify, 2007.
- DELEUZE, Gilles. *Diferença e repetição*. Tradução: Luiz Orlandi, Roberto Machado. Rio de Janeiro: Graal, 1988.
- DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. *Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia*, 5 vol. São Paulo: 34 Letras, 1997.
- DERRIDA, Jacques. *Gramatologia*. São Paulo: Perspectiva, 1973.
- DERRIDA, Jacques. *Margens da filosofia*. Campinas: Papyrus, 1991.
- DUBOIS, Philippe. *Cinema, vídeo, Godard*. São Paulo: Cosac Naify, 2004.
- ELSAESSER, Thomas. *História do cinema como arqueologia das mídias*. São Paulo: Edições SESC, 2018.
- FERREIRA DA SILVA, Denise. *Toward a global idea of race*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2007.

- FERREIRA DA SILVA, Vicente. *Obras Completas: Transcendência do mundo*. Organização, introdução geral, bibliografia e notas Rodrigo Petronio. São Paulo: Editora É, 2009-2010.
- FAY, Jennifer. Seeing/loving animals: André Bazin's posthumanism. *Journal of Visual Culture*, v. 7, n. 1, pp. 41-64, 2008.
- FERRO, Marc. *Cinema e história*. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2012.
- FLUSSER, Vilém. *Pós-história: Vinte instantâneos e um modo de usar*. São Paulo: É Realizações, 2019.
- FLUSSER, Vilém. *Filosofia da Caixa Preta*. R. Petronio; R. Maltez Novaes (org.). São Paulo: Editora É, 2018a.
- FLUSSER, Vilém. *Natural:mente: vários acessos ao significado da natureza*. São Paulo: Duas Cidades, 1978.
- FOSTER, Hal. *Recodificação: arte, espetáculo, política cultural*. Tradução Duda Machado. São Paulo: Casa Editorial Paulista, 1996.
- FOUCAULT, Michel. *O governo de si e dos outros*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.
- FUKUYAMA, Francis. *Nosso futuro pós-humano: Consequências da revolução da biotecnologia*. Rio de Janeiro: Rocco, 2003.
- GILSON, Etienne. *Deus e a Filosofia*. Tradução Aída Macedo. Lisboa: Edições 70, 2002.
- GIUCCI, Guillermo; MONTEIRO, M. C.; PINHO, Davi. *Eros, Tecnologia, Tran-sumanismo: figurações culturais contemporâneas*. Rio de Janeiro: Caetés, 2015.
- GUNNING, Tom. *The world in its own image*. In: ANDREW, Dudley (org.). *Opening Bazin*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- HARAWAY, Donna. *Simians, cyborgs and women: The reinvention of nature*. Abingdon: Routledge, 1990.
- HARAWAY, Donna. *The companion species manifesto: Dogs, people, and significant otherness*. 2. ed. Chicago: Prickly Paradigm, 2003.
- HARAWAY, D. *When species meet*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2008.
- HARAWAY, Donna. *O manifesto das espécies companheiras – cachorros, pessoas e alteridade significativa*. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2021.
- HARAWAY, Donna; KUNZRU, Hari; TADEU, Tomaz. *Antropologia do ciborgue: As vertigens do pós-humano*. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

- HEIDEGGER, Martin. Carta sobre o humanismo. *In: Conferências e escritos filosóficos*. Tradução Ernildo Stein. São Paulo: Abril Cultural, 1973.
- JEONG, Seung-Hoon. Animals – an adventure in Bazin’s ontology. *In: ANDREW, Dudley (org). Opening Bazin*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- KURZWEIL, Ray. *The age of spiritual machines: When computers exceed human intelligence*. London: Penguin Books, 2000.
- KURZWEIL, Ray. *Como criar uma mente: os segredos do pensamento humano*. Tradução Marcello Borges. São Paulo: Aleph, 2014.
- KURZWEIL, Ray. *A singularidade está próxima: quando os humanos transcendem a biologia*. São Paulo: Itaú Cultural/Iluminuras, 2019.
- LATOUR, Bruno. *Jamais fomos modernos: Ensaio de antropologia simétrica*. São Paulo: 34 Letras, 1994.
- LEVINAS, Emmanuel. *Totalidade e infinito*. Tradução José Pinto Ribeiro. Lisboa: Edições 70, 1988.
- MARGULIS, Lynn; SAGAN, Dorion. *O que é vida?* Tradução Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- MARITAIN, Jacques. *Sete lições sobre o ser*. São Paulo: Loyola, 2005.
- MARTINS, Hermínio. *Experimentum humanum: civilização tecnológica e condição humana*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2018.
- MATURANA, Humberto. *A ontologia da realidade*. Org. e tradução Cristina Magro, Miriam Graciano e Nelson Vaz. Belo Horizonte: UFMG, 2014.
- MBEMBE, Achille. *Crítica da razão negra*. Antígona, 2014.
- MERQUIOR, José Guilherme. *O Marxismo ocidental*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1987.
- MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Tradução: Eliane Lisboa. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.
- MORTON, Timothy. *O pensamento ecológico*. Tradução: Renato Prelorentzou. São Paulo: Quina, 2023.
- PARIKKA, Jussi. *Insect Media: an archeology of animals and technology*. Michigan, MI: University of Minnesota Press, 2010.
- PASSMORE, John. *A perfectibilidade do homem*. Rio de Janeiro: Topbooks, 2004.

PETRONIO, Rodrigo. Jamais fomos humanos: antropofania, desejo e transumanismo. In MONTEIRO, Maria Conceição; GIUCCI, Guillermo; PINHO, Davi. *Eros, tecnologia, transumanismo: figuras culturais contemporâneas*. Rio de Janeiro: Caetés, 2015.

PETRONIO, Rodrigo. *Mesons: Ontologia*. Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Centro de Educação e Humanidades, Instituto de Letras. Rio de Janeiro, 2015.

PETRONIO, Rodrigo. *Abismos da leveza: por uma filosofia pluralista*. São Paulo: Editora É, 2022.

PETRONIO, Rodrigo. Cosmology and mesology: Alfred North Whitehead and the plurality of worlds. In DAVID, Andrew, TEIXEIRA, Maria-Teresa, SCHWARTZ, Wm. Andrew (Editors). *Process cosmology: New integrations in science and philosophy*. London: Palgrave Macmillan, 2022.

PETRONIO, Rodrigo. Pensar o abyssal: Posfácio. In MORTON, Timothy. *O pensamento ecológico*. Tradução: Renato Prelorentzou. São Paulo: Quina, 2023, p. 237-248.

PETRONIO, Rodrigo. *Oceanos: a topologia entre os continentes e as margens da terra*. São Paulo: Global, 2025 (no prelo).

PRECIADO, Beatriz. Multidões queer: notas para uma política dos “anormais”. *Revista Estudos Feministas*, Florianópolis, v. 19, n 1, 2011. Também disponível em <https://www.scielo.br/j/ref/a/yvLQcj4mxkL9kr9RMhxHdwk/>.

PRIEST, Graham. *Logic: A very short introduction*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2017.

READ, Stephen. Homens carecas para sempre. In: *Repensando a lógica: Uma introdução à filosofia da lógica*. Tradução: Abílio Rodrigues Filho. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

ROSENBLUM, Bruce; KUTNER, Fred. *O enigma quântico: o encontro da física com a consciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 2017.

ROVELLI, Carlo. *O abismo vertiginoso: Um mergulho nas ideias e nos efeitos da física quântica*. Tradução: Silvana Cobucci. Rio de Janeiro: Objetiva, 2021.

SARTRE, Jean-Paul. *O existencialismo é um humanismo*. Tradução: João Batista Kreuch. São Paulo: Vozes, 2013.

SANTAELLA, Lucia. *Culturas e artes do pós-humano: da cultura das mídias à cibercultura*. São Paulo: Paulus, 2003.

SANTAELLA, Lucia. *Neo-humano: A sétima revolução do sapiens*. São Paulo: Paulus, 2022.

SERRES, Michel. *O incandescente*. Trad. Edgard de Assis Carvalho; Mariza Perassi Bosco. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SERRES, Michel. *A grande narrativa do humanismo: a história da humanidade – um conto iniciático*. Tradução António Viegas. Lisboa: Instituto Piaget, 2008.

SLOTERDIJK, Peter. *Regras para o Parque Humano: Uma Resposta à Carta Sobre o Humanismo de Heidegger*. Tradução José Oscar de Almeida Marques. São Paulo: Estação Liberdade, 2000.

VACCHE, Angela Della. The difference of cinema in the system of the arts. In: ANDREW, Dudley (org). *Opening Bazin*. New York: Oxford University Press, 2011.

WOLFE, Cary. *What is posthumanism?* Minneapolis: University of Minnesota Press, 2010.

XAVIER, Ismail. *O discurso cinematográfico: a opacidade e a transparência*. São Paulo: Paz & Terra, 2021.

ŽIŽEK, Slavo; MILBANK, John. *A monstruosidade de Cristo: paradoxo ou dialética?* São Paulo: Três Estrelas, 2014.

# O recurso quântico: uma estratégia ficcional

Fabio Fernandes<sup>1</sup>

**Resumo:** Nos últimos anos, a palavra “quântico” tem sido utilizada em contextos variados, muitas vezes dissociados de sua origem na física quântica. Termos como “coach quântico” e “cura quântica” são exemplos de como conceitos científicos podem ser desvirtuados para finalidades metafísicas ou pseudocientíficas. Este artigo explora a origem do termo “quântico”, suas bases teóricas na física e seu uso na ficção científica, onde se tornou um recurso narrativo popular. A mecânica quântica, que estuda os fenômenos no nível subatômico, foi desenvolvida por cientistas como Einstein, Bohr, Planck, Schrödinger e Heisenberg. Destacamos o experimento mental do gato de Schrödinger, que ilustra a superposição quântica e o problema da medição. Discutimos também a Interpretação de Muitos Mundos de Hugh Everett, que sugere a existência de universos paralelos. O conceito de multiverso, popularizado na cultura pop por filmes e séries do Universo Cinematográfico Marvel, encontra suas raízes em teorias físicas robustas. No entanto, a ficção científica e outras formas de mídia muitas vezes simplificam ou distorcem esses conceitos para fins narrativos. Ao final, consideramos os benefícios e limitações da apropriação quântica tanto na compreensão científica quanto na criação ficcional.

**Palavras-chave:** quântico; mecânica quântica; ficção científica; multiverso; interpretação de muitos mundos.

---

<sup>1</sup> Professor Assistente Mestre do Curso de Jornalismo no Departamento de Comunicação, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Graduação em Comunicação (1992) pelas Faculdades Integradas Hélio Alonso (FACHA, Rio de Janeiro). Mestrado e Doutorado em Comunicação e Semiótica pela PUC-SP, com tese sobre o imaginário ciborgue conforme as narrativas de ficção científica. É autor de 16 livros, entre os quais *A Construção do Imaginário Cyber* (2006) e *No Tempo das Telas* (com Polyanna Ferrari, 2014). Publicou ainda os livros *Back in the USSR* (2019, finalista do Prêmio Jabuti 2020), *Love Will Tear Us Apart* (2022) e *Os Dias da Peste* (2009, 3ª ed. 2024). É criador e coordenador do grupo de pesquisa Observatório do Futuro, vinculado à PUC-SP, onde desenvolve pesquisas sobre inteligência artificial na ficção científica e seus desdobramentos no mundo real. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2386-2642>. Site: [www.fabiofernandeswriter.com](http://www.fabiofernandeswriter.com). E-mail: [ffernandes@pucsp.br](mailto:ffernandes@pucsp.br) e [zeroabsolu-to@gmail.com](mailto:zeroabsolu-to@gmail.com).

## **The quantum resource: a fictional strategy**

**Abstract:** In recent years, the term “quantum” has been used in various contexts, often disconnected from its origin in quantum physics. Terms like “quantum coaching” and “quantum healing” exemplify how scientific concepts can be misappropriated for metaphysical or pseudoscientific purposes. This article explores the origin of the term “quantum,” its theoretical foundations in physics, and its use in science fiction, where it has become a popular narrative resource. Quantum mechanics, which studies phenomena at the subatomic level, was developed by scientists such as Einstein, Bohr, Planck, Schrödinger, and Heisenberg. We highlight Schrödinger’s cat thought experiment, which illustrates quantum superposition and the measurement problem. We also discuss Hugh Everett’s Many-Worlds Interpretation, which suggests the existence of parallel universes. The concept of the multiverse, popularized in pop culture by movies and series from the Marvel Cinematic Universe, finds its roots in robust physical theories. However, science fiction and other media often simplify or distort these concepts for narrative purposes. In the end, we consider the benefits and limitations of quantum appropriation in both scientific understanding and fictional creation.

**Keywords:** quantum; quantum mechanics; science fiction; multiverse; many-worlds interpretation.

## Introdução

Nos últimos anos, temos sido invadidos por uma série de usos digamos pouco convencionais do termo quântico: de “coach quântico” a “cura quântica”, entre outros que parecem ter pouco ou nada a ver com a área da física denominada *mecânica quântica*.

Uma busca rápida na web nos dá algumas definições. O site do Instituto Holos, por exemplo, explica:

Coaching é uma metodologia que tem por objetivo promover a performance de uma pessoa ou grupo de pessoas, alcançando as metas e solucionando problemas. Já quântico é um termo que diz respeito a uma teoria que acredita que todos os seres humanos são compostos por energia, e estão interligados através dela. Dessa maneira, o coaching quântico tem como objetivo o alinhamento energético. (Wunderlich, s/d.)

Uma visita à Wikipédia nos dá vinte e seis diferentes usos da palavra *quântico*, divididos em sete áreas. Os usos variam desde o nome de uma cidade localizada no estado da Virgínia, nos Estados Unidos (onde fica a sede do FBI) a *suicídio quântico* (teorema sobre uma suposta imortalidade de seres conscientes), passando por moteado quântico, que é a variação de densidade numa radiografia. Mas os criadores do verbete não esqueceram do coach quântico, que está inserido na definição *misticismo quântico*. Segundo esse subverbo particular,

Misticismo quântico é um conjunto de crenças metafísicas pseudocientíficas e práticas charlatãs associadas. Essas crenças tentam relacionar consciência, inteligência e visões de mundo místicas e religiosas com os princípios da mecânica quântica e suas interpretações. O misticismo quântico é um exemplo de mau uso dos conceitos científicos por fazer interpretações distorcidas e equivocadas da mecânica quântica, por isso que é considerado por cientistas, filósofos e uma parte da sociedade como uma pseudociência. (Quantum mysticism, 2024)

A ficção científica também faz uso da palavra em muitas de suas narrativas, mas nesse caso entendemos que é tudo ficcional, sem necessariamente uma base na realidade. Neste artigo, procuraremos explicar o fundamento teórico por trás da palavra quântico e alguns de seus usos nas narrativas de ficção científica. De agora em diante, chamaremos esse uso ficcional de recurso quântico.

## Onde tudo começou: Schrödinger, Heisenberg e Everett

Quântico vem do latim *quantum*. Segundo o dicionário *Caldas Aulete*, em Física, quantum é “a menor quantidade, indivisível, de energia eletromagnética”. A descoberta de que as ondas eletromagnéticas podem ser

explicadas como uma emissão de pacotes de energia (chamados quanta) conduziu ao ramo da ciência que lida com sistemas moleculares, atômicos e subatômicos. Este ramo da ciência é conhecido como mecânica quântica.

Provavelmente Albert Einstein é o nome mais conhecido dentre os cientistas que estabeleceram as bases da mecânica quântica. Niels Bohr e Max Planck também foram nomes de importância fundamental na área. Mas no imaginário popular em geral (e no da ficção científica em particular) dois nomes se destacam: Erwin Schrödinger e Werner Heisenberg.

### **O experimento do gato de Schrödinger**

O experimento do gato de Schrödinger foi desenvolvido pelo físico austríaco Erwin Schrödinger em 1935 para ilustrar as complexidades e paradoxos da mecânica quântica, especialmente no que diz respeito ao conceito de superposição e ao problema da medição.

O experimento é descrito da seguinte maneira: um gato é colocado dentro de uma caixa selada, junto com um dispositivo mortal que consiste em um frasco de veneno, um martelo, um contador Geiger (detector de radiação), e uma pequena quantidade de material radioativo. Se o contador Geiger detectar a desintegração de um átomo radioativo, ele aciona o martelo que quebra o frasco de veneno, matando o gato. Se o átomo não se desintegrar, o gato permanece vivo.

Segundo a mecânica quântica, até que a caixa seja aberta e uma observação seja feita, o átomo está em um estado de superposição – ele está simultaneamente decaído e não decaído. Consequentemente, o gato está também em uma superposição de estados – ele está simultaneamente vivo e morto. A observação (abertura da caixa) colapsa a superposição em um dos dois estados definitivos: ou o gato está vivo ou está morto.

O experimento do gato de Schrödinger foi concebido para criticar a interpretação de Copenhague da mecânica quântica, que sugere que um sistema quântico permanece em superposição até que seja observado. Schrödinger queria mostrar o absurdo dessa interpretação quando aplicada a objetos macroscópicos, como um gato. Segundo a interpretação de Copenhague, um sistema quântico só assume propriedades definidas ao ser medido. Até então, todas as possíveis propriedades coexistem em uma superposição. No contexto do gato de Schrödinger, até que a caixa seja aberta, o estado do gato é uma combinação probabilística de estar vivo e morto.

## Hugh Everett e a interpretação de muitos mundos

A interpretação de muitos mundos oferece uma solução alternativa ao paradoxo. Segundo essa interpretação, quando o evento quântico (decaência ou não do átomo) ocorre, o universo se ramifica em dois universos separados: em um, o gato está vivo; no outro, o gato está morto. Não há colapso da função de onda; em vez disso, todas as possibilidades são realizadas em universos paralelos.

O físico norte-americano Hugh Everett III propôs essa interpretação em sua tese de doutorado em 1957, quando ainda era estudante na Universidade de Princeton sob a orientação de John Archibald Wheeler. A MWI (Many-Worlds Interpretation) foi uma tentativa de resolver os paradoxos da mecânica quântica, especialmente o problema da medição. Bryce DeWitt popularizou a formulação e a chamou de *many worlds* na década de 1970.

A interpretação de muitos mundos implica que provavelmente existe um número incontável de universos. É uma das várias hipóteses de multiverso na física e na filosofia. Ela encara o tempo como uma árvore de muitos ramos, onde todos os resultados quânticos possíveis são realizados. São conceitos que mexem com a imaginação humana – e não somente com nerds e fãs de ficção científica, muito embora seja exatamente esse gênero narrativo o responsável por disseminar esses sonhos nos corações e mentes das pessoas. Por exemplo, experimente fazer a seguinte pergunta numa roda de amigos: qual a invenção que você mais gostaria que existisse? Na maioria esmagadora das vezes, a resposta será “teletransporte”. Isso é particularmente verdadeiro em grandes cidades como São Paulo, onde o trânsito é sempre intenso e o transporte público é precário em várias regiões da megalópole.

O teletransporte atualmente ainda é em grande parte um conceito de ficção científica. A série de televisão *Jornada nas Estrelas* foi a grande responsável por disseminar esse conceito, ao mostrar toda semana os tripulantes da nave Enterprise, no século 23, descendo para planetas sem a ajuda de naves auxiliares, mas simplesmente com o auxílio de um aparelho que desintegrava seus corpos e os reintegrava em segurança onde eles quisessem se transportar. Não foi a primeira vez que isso apareceu na cultura pop: o filme *A Mosca da Cabeça Branca* (Kurt Neumann, 1958) tratava justamente do que poderia acontecer caso essa invenção desse errado: o cientista André Delambre (interpretado por David Hedison) inventa o aparelho de teletransporte (ou transmissor de matéria, como era até então

conhecido na literatura *pulp* do gênero) e experimenta em si mesmo, mas não percebe que uma mosca entra no aparelho junto com ele. O resultado é uma troca de DNA entre as duas espécies e um final trágico para ambas as criaturas. O *remake* de David Cronenberg, *A Mosca* (1986), abordou esse tema de maneira ainda mais visceral.

Quando eu disse mais acima “em grande parte” é porque na verdade o teletransporte já foi inventado no mundo real – apenas não da maneira como esperávamos. Graças ao emaranhamento quântico, cientistas já conseguiram transportar partículas subatômicas. O emaranhamento quântico é um fenômeno onde partículas ficam tão interligadas que o estado de uma afeta instantaneamente o estado da outra, independentemente da distância que as separa. Isso tem permitido o teletransporte de informações entre partículas em experimentos científicos, como demonstrado em 1998 pelo físico Anton Zeilinger e sua equipe do Instituto de Física Experimental em Innsbruck, Áustria, que conseguiram teletransportar dois pares de fótons dentro de um laboratório. Em 2012, a experiência foi repetida em outro cenário, onde o teletransporte quântico foi efetuado em uma distância de 143 quilômetros, projetando pares de fótons entre as ilhas de La Palma e Tenerife, no arquipélago espanhol das Ilhas Canárias. Mas até o momento, o teletransporte quântico é o único tipo possível. Os sonhos de ir de um extremo a outro da cidade como Kirk e Spock faziam em *Jornada nas Estrelas* ainda estão muito distantes de se realizar.

### **A aplicação da teoria quântica na ficção científica**

A teoria quântica, até onde se sabe, diz respeito a processos que ocorrem no mundo subatômico. Não se sabe ainda se será possível extrapolar esse conceito para o mundo conforme percebido por nós. A ficção científica nos fornece narrativas instrumentais para pensar sobre virtudes e defeitos de possíveis tecnologias associadas a ela. Uma rápida busca na SFE Encyclopedia define computadores quânticos como:

Uma raça de computadores ainda amplamente teórica, mas avidamente pesquisada, que usa superposição quântica para lidar simultaneamente com todos os valores possíveis que podem ser representados como “qubits” (bits quânticos, em oposição aos bits de computador convencionais que representam 0 ou 1) em um registro quântico. Dispositivos experimentais com pequeno número de qubits foram testados; se for viável em maior escala, a tecnologia deverá ser capaz de velocidades de processamento muito superiores às dos computadores normais, resolvendo potencialmente problemas agora incomputáveis, como a criptografia mais forte atual. Em FC, os computadores quânticos fornecem uma abrevia-

ção conveniente para o tipo de poder de computação extraordinário que pode ser necessário para sustentar a verdadeira IA, como em *Moving Mars* (1994) de Greg Bear com seus “pensadores” QL (para lógica quântica), ou em Peter Watts. *Blindsight* (2006); ou para abordar questões fundamentais da Cosmologia, como em *Teorema Zero* (2013) dirigido por Terry Gilliam. (Langford, 2024.)

Como os computadores quânticos podem ser considerados como operando simultaneamente em todas as realidades ramificadas implícitas na interpretação de muitos mundos da teoria quântica, uma especulação tentadora – embora altamente duvidosa – da FC é que eles podem manipular ou permitir a transferência entre mundos paralelos. Esse conceito é explorado em romances como *Hard Questions* (1996), de Ian Watson, e *Brasyl*, de Ian McDonald (2007). Outro exemplo, muito mais utilizado na ficção científica e bastante conhecido até mesmo por quem não tem afinidade com o gênero, é o de terras alternativas, ou, como é mais popularmente conhecido, o termo (um pouco menos preciso) *universos paralelos*.

Também chamado de ucronia, e pelos historiadores como “história contrafactual”, os universos paralelos são extrapolações do conceito da teoria dos múltiplos mundos. Historiadores o utilizam como exercício regularmente. Em *E Se...?*, Robert Cowper explora esses cenários de maneira especulativa. Entre outros cenários contrafatuais, Cowper investiga o que poderia ter acontecido se Napoleão tivesse invadido a América, se o Dia D tivesse fracassado e até mesmo se Jesus Cristo tivesse sido perdoado por Pilatos.

A pergunta do título é emblemática da ficção científica: E se? O que aconteceria se a história tivesse seguido um outro rumo? Mesmo antes da Interpretação de Muitos Mundos, essa já era uma pergunta recorrente no gênero. Segundo a *The Encyclopedia of Science Fiction*, a primeira história alternativa provavelmente data de muito antes: *Napoléon et la conquête du monde, 1812-1832: Histoire de la monarchie universale* (1836), de Louis Geoffroy, em que Napoleão escapa intacto de sua aventura russa em 1812 e conquista o mundo conhecido. Outros exemplos iniciais incluem a reimaginação utópica de Castello N Holford dos primeiros anos da colonização americana em *Aristopia: A Romance-History of the New World* (1895), *It May Happen Yet: A Tale of Bonaparte's Invasion of England* (1899), de Edmund Lawrence, Charles Felton Pidgin, *The Clímax: Or, What Might Have Been: A Romance of the Great Republic* (1902), e *What Might Have Been: The Story of a Social War* (1907), de Ernest Bramah. Todos esses exemplos se baseiam (como está explícito nos títulos de dois deles) no que poderia ter sido, que é o fundamento do subgênero de História Alternativa. Contudo,

eles são mais próximos do contrafactual porque seus autores não utilizam nenhum código da ficção científica. Um deles, o recurso quântico, ainda não havia sido inventado.

Após o surgimento do recurso quântico, a coisa muda de figura. Uma grande quantidade de autores lança mão dele, em maior ou menor grau, com diferentes níveis de precisão. A série *Everness*, de Ian McDonald, por exemplo, não só faz grande uso de termos da mecânica quântica ao longo de seus três livros, como também homenageia o criador da *Interpretação de Muitos Mundos* batizando seu protagonista como Everett Singh. Além disso, ele ainda homenageia outro nome importante para o conceito de universos paralelos, nomeando a tecnologia usada pelo protagonista como Heisenberg Gate (Portal de Heisenberg).

Werner Heisenberg foi um físico teórico alemão que desempenhou um papel crucial no desenvolvimento da mecânica quântica. Nascido em Würzburg, Alemanha, Heisenberg estudou física na Universidade de Munique sob a orientação de Arnold Sommerfeld e posteriormente trabalhou com Niels Bohr em Copenhague. A contribuição mais famosa de Heisenberg à física quântica é o Princípio da Incerteza, formulado em 1927. Esse princípio estabelece que é impossível determinar simultaneamente e com precisão arbitrária certas pares de propriedades físicas complementares, como a posição e o momento de uma partícula. Juntamente com Niels Bohr, Heisenberg ajudou a desenvolver a “Interpretação de Copenhague” da mecânica quântica, que se tornou uma das interpretações mais amplamente aceitas. Segundo essa interpretação, os sistemas quânticos são descritos por funções de onda, e as propriedades físicas só assumem valores definidos ao serem medidas.

Alguns autores de ficção científica quase ultrapassam o limite da compreensão dos leigos ao usarem esses conceitos. Um deles é Greg Egan, escritor australiano. Homem reservado – tanto a ponto de não permitir fotos suas na web – Egan também é matemático e ativista de direitos humanos. Ele costuma escrever narrativas densas em conteúdo científico, que nem sempre são de fácil leitura. O exemplo mais radical de utilização de teorias quânticas de alguma espécie talvez esteja em seu romance *Schild's Ladder*. Num breve resumo, o livro trata do seguinte: vinte mil anos no futuro, Cass, um físico humanoide da Terra, viaja para uma estação orbital nas proximidades da estrela Mimososa e inicia uma série de experimentos para testar os extremos das “regras de Sarumpaet” – um conjunto de equações fundamentais da Teoria Quântica dos Grafos, que afirma que a existência física é uma manifestação de construções comple-

xas de gráficos matemáticos. No entanto, as experiências criam inesperadamente uma bolha de algo mais estável do que o vácuo comum, apelidada de “novo-vácuo”, que se expande para fora a metade da velocidade da luz à medida que o vácuo comum entra em colapso para este novo estado na fronteira, sugerindo leis mais gerais além as regras de Sarumpaet. A população local é forçada a fugir para sistemas estelares cada vez mais distantes para escapar à fronteira que se aproxima cada vez mais, mas como a expansão nunca abranda, é apenas uma questão de tempo até que o novo vácuo abranja qualquer região dentro do Grupo Local. À medida que a bolha se expande, desenvolvem-se duas facções: os Preservacionistas, que desejam impedir a expansão e preservar a Via Láctea a qualquer custo; e os Rendidores, que consideram o novo vácuo uma descoberta importante demais para ser destruída sem compreensão.

Mas não é preciso ler Egan para entender os conceitos básicos da mecânica quântica. Saindo da esfera de *hard science* para um exemplo mais facilmente assimilável, temos os filmes da Marvel, que lançaram para a cultura pop o conceito de *multiverso*. O termo “multiverso” foi cunhado pelo filósofo e psicólogo americano William James em 1895. Ele usou a palavra para descrever a ideia de múltiplos universos possíveis em um contexto filosófico, não físico. No entanto, o conceito foi popularizado no contexto científico e filosófico por diferentes teóricos ao longo do século XX, como Hugh Everett.

O multiverso é um elemento central no universo Marvel, onde diferentes versões de personagens e histórias coexistem em universos paralelos. Este conceito foi adaptado para o cinema, especialmente nos filmes do Marvel Cinematic Universe (MCU). Por exemplo, “Homem-Aranha: No Aranhaverso” (2018) explora várias versões do Homem-Aranha de diferentes universos. Ou *Homem-Formiga e a Vespa: Quantumania* (Peyton Reed, 2023). Nesse filme, os protagonistas penetram no Reino Quântico (que, para todos os efeitos, é uma espécie de microverso, algo que já existia nos quadrinhos da Marvel com esse nome, sem uso do recurso quântico). Lá, eles exploram esse universo subatômico, interagindo com novas criaturas e enfrentando desafios que transcendem o entendimento convencional da realidade. Nesse filme, o antagonista é Kang, o Conquistador, interpretado por Jonathan Majors. Kang é uma entidade complexa e multiversal, que possui uma compreensão avançada do tempo e do espaço, permitindo-lhe manipular realidades paralelas e linhas temporais. Ele é apresentado como uma ameaça significativa não só para os heróis de *Quantumania*, mas para todo o MCU, com suas ambições de dominar múltiplas realidades.

A série de streaming *Loki*, lançada no canal Disney+ em 2021, é crucial para a compreensão do personagem Kang e da expansão do conceito de multiverso no MCU. A série segue Loki (Tom Hiddleston), o Deus da Trapaça, após os eventos de *Vingadores: Ultimato*. Depois de roubar o Tesseract durante os eventos de 2012 (como visto em *Ultimato*), Loki é capturado pela Autoridade de Variância Temporal (TVA), uma organização burocrática que monitora as linhas temporais do multiverso e previne anomalias temporais, conhecidas como “variantes”.

No final da primeira temporada de *Loki*, os protagonistas Loki e Sylvie (uma variante de Loki) encontram Aquele Que Permanece, uma versão de Kang que criou a TVA para evitar uma guerra multiversal entre suas variantes. Ele explica que sua morte resultará na liberação de suas outras versões, que são muito mais perigosas e sedentas por poder. Após Sylvie matar Aquele Que Permanece, o multiverso começa a se ramificar descontroladamente, estabelecendo o cenário para o surgimento de Kang, o Conquistador. Essas narrativas de ação e aventura tornam mais palatáveis os conceitos ligados à mecânica quântica, mantendo tudo dentro da ficção, mas ainda assim com a honestidade intelectual de quem assume que nada disso pertence ao campo do real.

## Conclusão

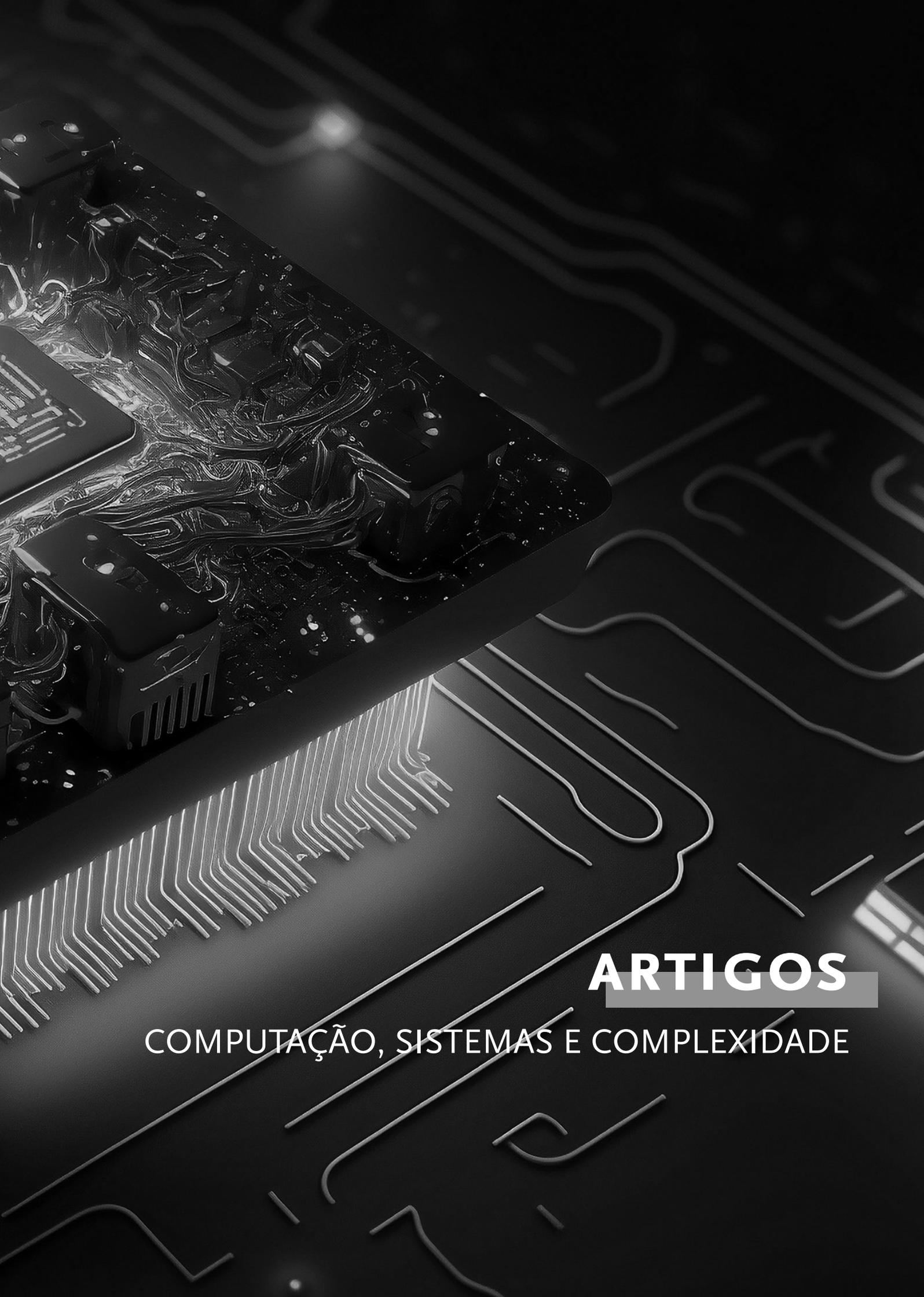
A utilização do conceito quântico em diversas narrativas e discursos, seja na pseudociência, na ficção científica ou na cultura pop, oferece um rico campo para reflexão e especulação. Na mecânica quântica, fenômenos como superposição e entrelaçamento desafiam nossa compreensão clássica da realidade, possibilitando interpretações como a de Muitos Mundos, que propõe uma infinidade de universos paralelos. Por um lado, esses conceitos permitem explorar novas ideias e expandir nosso entendimento sobre a natureza do universo. Eles abrem portas para tecnologias revolucionárias, como os computadores quânticos, e fornecem metáforas poderosas para contar histórias na ficção científica. Por outro lado, a deturpação desses conceitos fora de seu contexto científico pode levar à propagação de pseudociências e à confusão sobre o que realmente são e como funcionam as teorias quânticas. Assim, enquanto o recurso quântico enriquece tanto a ciência quanto a ficção, é fundamental manter uma distinção clara entre o rigor científico e a licença poética, garantindo que o público compreenda suas reais implicações e limitações.

## Referências

- DEWITT, Bryce. *The many-worlds interpretation of quantum mechanics*. Princeton: Princeton University Press, 1973.
- EGAN, Greg. *Schild's ladder*. London: Gollancz, 2010.
- EVERETT, Hugh. "Relative state"-formulation of quantum mechanics. *Reviews of Modern Physics*, v. 29, n. 3, p. 454-462, 1957.
- LANGFORD, David. Quantum computers. *The Encyclopedia of Science Fiction*, 2024. Disponível em: [https://sf-encyclopedia.com/entry/quantum\\_computers](https://sf-encyclopedia.com/entry/quantum_computers). Acesso em 25/5/2024.
- MCDONALD, Ian. *Planesrunner* (Everness book I). New York: Pyr, 2011.
- SCHRÖDINGER, Erwin. The present situation in quantum mechanics. *Proceedings of the American Philosophical Society*, v. 124, p. 323-338, 1935.
- QUANTUM. *Dicionário Caldas Aulete*, 2024. Disponível em: <http://www.aulete.com.br/quantum>. Acesso em: 25 maio 2024.
- QUANTUM MYSTICISM. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_mysticism](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_mysticism). Acesso em: 25 maio 2024.
- WUNDERLICH, Marcos. Coaching quântico. Disponível em: <https://www.holos.org.br/coaching-quantico>. Acesso em: 25 maio 2024.
- ZEILINGER, Anton. Experiment and the foundations of quantum physics. *Reviews of Modern Physics*, v. 71, n. 2, p. 288-297, 1997.

## Filmografia

- A MOSCA DA CABEÇA BRANCA. Direção de Kurt Neumann. Estados Unidos, 20th Century Fox, 1958.
- A MOSCA. Direção de David Cronenberg. Estados Unidos, 20th Century Fox, 1986.
- HOMEM-ARANHA: NO ARANHAVERSO. Direção de Peter Ramsey, Rodney Rothman e Bob Persichetti. Estados Unidos, Sony Pictures Animation, 2018.
- HOMEM-FORMIGA E A VESPA: QUANTUMANIA. Direção de Peyton Reed. Estados Unidos, Marvel Studios, 2023.
- JORNADA NAS ESTRELAS. Criada por Gene Roddenberry. Estados Unidos, NBC, 1966-1969.
- LOKI. Criada por Michael Waldron. Estados Unidos, Disney+, 2021.
- TEOREMA ZERO. Direção de Terry Gilliam. Reino Unido, Voltage Pictures, 2013.



# ARTIGOS

COMPUTAÇÃO, SISTEMAS E COMPLEXIDADE

[dx.doi.org/](https://dx.doi.org/10.23925/1984-3585.2024i2930p108-130)

10.23925/1984-3585.2024i2930p108-130

Licensed under  
[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

# Limites e possibilidades da complexidade computacional quântica

Reinaldo Augusto de Oliveira Ramos<sup>1</sup>Fabiana Raulino da Silva<sup>2</sup>Rafael Diogo Rossetti<sup>3</sup>

**Resumo:** O artigo explora o impacto da computação quântica na teoria da complexidade computacional, com destaque para as classes  $P$  e  $BQP$ , abordando como os paradigmas quânticos desafiam as categorizações clássicas de problemas. Ao examinar os algoritmos de Shor e Grover, o estudo discute a maneira como esses algoritmos ampliam o escopo de problemas considerados resolvíveis, o que anteriormente era inviável em termos de tempo polinomial em sistemas clássicos. A análise apresenta uma revisão histórica das classes de complexidade, abordando o surgimento e a importância das classes  $P$  e  $NP$  e a relevância de algoritmos quânticos em problemas intratáveis. Além disso, o artigo aborda a introdução de teorias híbridas que integram métodos clássicos e quânticos, como o Variational Quantum Eigensolver ( $VQE$ ) e o Quantum Annealing, destacando a eficiência dessas abordagens para resolver problemas de otimização complexos. As discussões

<sup>1</sup> É aluno do pós-doutorado, Doutor e Mestre em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela PUC-SP. Especialista em Jogos Digitais pelo SENAC SP. Desenvolvedor Sênior na empresa inglesa Anything World e vice coordenador do Bacharelado em Jogos Digitais da PUC SP. É professor de Jogos Digitais e Data Analytics na ESPM. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8150-6163>. E-mail: [raoramos@pucsp.br](mailto:raoramos@pucsp.br).

<sup>2</sup> Fabiana Raulino é doutoranda em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela PUC-SP, com mestrado em Engenharia de Produção pela UFSCAR e especialização em Ergonomia de Sistemas de Produção pela USP. Atua como professora de Inteligência Artificial na Pós-graduação em Animação e Jogos Digitais pela FAAP Digital e professora do MBA Executivo em Inteligência Artificial da Faculdade XP. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8150-6163>. E-mail: [fabi.ergonomia@gmail.com](mailto:fabi.ergonomia@gmail.com) e [fabianaraulino@trampoline.net](mailto:fabianaraulino@trampoline.net).

<sup>3</sup> Rafael Diogo Rossetti é doutorando em Tecnologias das Inteligências do Design Digital pela PUC SP, com Mestrado em Negócios Internacionais (UCES) e Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Jogos (PUC SP). Graduado em Marketing e Desenvolvimento de Jogos, ele também conta com cursos de aperfeiçoamento em instituições renomadas como Israel, MIT, FGV, ESPM e Saint Paul School. Sócio-fundador da Messier Data & Creative Ltda, Rafael é Diretor de Ciência e Tecnologia da Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra – SP, além de Vice-líder de Pesquisa da Marinha e professor universitário. Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-5263-0636>. E-mail: [rossetti@messier.com.br](mailto:rossetti@messier.com.br).

sobre as classes probabilísticas *BPP* e *PP* também são centrais para compreender o papel da probabilidade em algoritmos quânticos, uma característica intrínseca ao modelo de computação quântica. O estudo justifica-se pela necessidade de uma reavaliação contínua das bases da teoria da complexidade frente aos avanços quânticos, que redefinem limites teóricos e práticos. Embora a computação quântica ainda enfrente desafios, como a estabilidade dos qubits, as propostas de paradigmas híbridos oferecem caminhos promissores para resolver problemas de alta complexidade, sinalizando uma transição para uma era computacional mista, com potencial para revolucionar a resolução de problemas no século XXI.

**Palavras-chave:** computação quântica; complexidade computacional; classes *P* e *BQP*; algoritmos quânticos; paradigma híbrido.

## **Limits and possibilities of quantum computational complexity**

**Abstract:** This paper explores the impact of quantum computing on computational complexity theory, with a focus on the classes  $P$  e  $BQP$ , examining how quantum paradigms challenge classical problem categorizations. By analyzing Shor's and Grover's algorithms, the study discusses how these quantum algorithms expand the scope of solvable problems, previously considered intractable within polynomial time for classical systems. The analysis provides a historical review of complexity classes, covering the emergence and significance of classes  $P$  and  $NP$  and the importance of quantum algorithms for traditionally intractable problems. Additionally, the article addresses the introduction of hybrid theories that integrate classical and quantum methods, such as the Variational Quantum Eigensolver ( $VQE$ ) and Quantum Annealing, highlighting the efficiency of these approaches in solving complex optimization problems. Discussions on probabilistic classes  $BPP$  and  $PP$  are also central to understanding the role of probability in quantum algorithms, an intrinsic feature of the quantum computing model. The study is justified by the ongoing need to reevaluate the foundations of complexity theory considering quantum advancements, which redefine theoretical and practical boundaries. While quantum computing still faces challenges, such as qubit stability, hybrid paradigm proposals offer promising paths to address high-complexity problems, signaling a transition toward a mixed computational era with the potential to revolutionize problem-solving in the 21st century.

**Keywords:** quantum computing; computational complexity;  $P$  and  $BQP$  classes; quantum algorithms; hybrid paradigm.

## Introdução

A teoria da complexidade computacional é uma área central da ciência da computação que busca classificar problemas computacionais de acordo com o esforço necessário para resolvê-los em termos de tempo, espaço e outros recursos. Tradicionalmente, os problemas são classificados em classes como  $P$  (problemas resolvíveis em tempo polinomial) e  $NP$  (problemas verificáveis em tempo polinomial). No entanto, o advento da computação quântica introduziu novas classes de complexidade, como  $BQP$  (*Bounded-error Quantum Polynomial time*), que se referem à capacidade de resolver problemas com algoritmos quânticos em tempo polinomial, com uma margem de erro aceitável (Watrous, 2008, p. 2; Bernstein; Vazirani, 1993, p. 11).

Embora a computação clássica tenha dominado o campo por décadas, a computação quântica propõe uma mudança de paradigma ao aproveitar os princípios da superposição e do entrelaçamento quântico, possibilitando o processamento de informações de maneiras que a computação clássica não pode replicar (Watrous, 2008, p. 2). Esses princípios resultam em modelos de computação radicalmente diferentes, que desafiam a categorização tradicional dos problemas. Em particular, a computação quântica pode resolver certos problemas, como a fatoração de números grandes, mais eficientemente do que qualquer algoritmo clássico conhecido, como demonstrado pelo algoritmo de Shor (Watrous, 2008, p. 2).

Este artigo se propõe a trazer reflexões sobre o estado atual da teoria da complexidade computacional, comparando as classes de complexidade quânticas e clássicas. A análise focará nas classes  $P$  e  $BQP$ , discutindo os limites teóricos, algoritmos representativos e os impactos práticos da computação quântica. Também serão explorados novos paradigmas emergentes que propõem reformulações das bases da teoria da complexidade, buscando integrar a computação quântica de maneira mais coerente ao cenário computacional como um todo. Desta forma, pergunta-se: como a introdução da computação quântica desafia e redefine os paradigmas da teoria da complexidade computacional, e quais são os limites teóricos e práticos das classes  $BQP$  e  $P$  na resolução de problemas computacionais complexos?

Os objetivos são discutir as definições formais dessas classes, sua relevância e os principais algoritmos que as representam, com uma análise comparativa entre computação quântica e clássica; explorar como algoritmos quânticos, como o de Shor e o de Grover, alteram a classificação de

problemas em relação às abordagens clássicas, discutindo se problemas anteriormente classificados como intratáveis (em termos de tempo polinomial) podem ser resolvidos eficientemente com algoritmos quânticos; e refletir sobre propostas recentes de teorias híbridas que integram características quânticas e clássicas.

A computação quântica, embora ainda em seus estágios iniciais, promete revolucionar a maneira como problemas computacionais são resolvidos, especialmente aqueles considerados intratáveis pelos modelos clássicos. Uma nova geração de dispositivos quânticos está agora sendo imaginada e realizada, nos quais os estados de objetos quânticos individuais (por exemplo, átomos, elétrons, fótons) são controlados e manipulados de formas que, em décadas anteriores, só eram sonhadas. O entrelaçamento de estados quânticos, anteriormente visto como um aspecto “assustador” da física quântica que parecia demandar uma teoria mais completa, agora é aceito como o mecanismo essencial pelo qual grande parte da tecnologia quântica opera (Raymer e Monroe, 2019, p. 1).

A introdução de novas classes de complexidade, como *BQP*, abre caminho para uma compreensão mais profunda da computação além do paradigma clássico, mas também desafia os fundamentos estabelecidos da teoria da complexidade. Portanto, é crucial revisar essas bases à luz do novo modelo quântico e propor novas direções para a pesquisa em complexidade computacional Shor (Watrous, 2008, p. 11).

O presente estudo justifica-se devido à crescente maturidade da tecnologia quântica, em que a compreensão profunda da relação entre computação quântica e clássica, em termos de complexidade, torna-se não apenas um campo teórico de grande valor, mas também uma área com impactos diretos em aplicações práticas como criptografia, otimização e simulação de sistemas complexos. Este trabalho justifica-se como uma contribuição crítica para a reestruturação das fundações da computação no século XXI.

### **Teoria da complexidade computacional: contextualização histórica e técnica**

A teoria da complexidade computacional é um ramo da ciência da computação que emerge como uma forma de entender as limitações fundamentais dos algoritmos e das máquinas que os executam. Seu principal objetivo é classificar problemas de acordo com a quantidade de recursos computacionais (como tempo e espaço) necessários para resolvê-los. No centro dessa teoria estão duas questões principais: “Quais problemas podem ser resolvidos eficientemente?” e “Quais são os limites do que as máquinas conseguem computar?” (Watrous, 2008, p. 1).

A origem da teoria da complexidade computacional remonta à década de 1930, com a formalização da noção de computação através dos trabalhos de Alan Turing e Alonzo Church, que introduziram modelos matemáticos de máquinas e funções computáveis. A Máquina de Turing, proposta por Turing, se tornou o modelo abstrato universal para descrever a execução de algoritmos. A partir desse modelo, a ciência da computação formalizou a ideia de decidibilidade – se um problema pode ou não ser resolvido por uma máquina (Freire; Greca, 2013, p. 17).

A teoria da recursividade – um campo que estuda quais problemas podem ser resolvidos através de algoritmos – geralmente representa problemas como conjuntos de números naturais. Um problema é decidível se existe um método algorítmico que pode, em tempo finito, determinar se um dado número pertence ao conjunto (ou seja, responde “sim” ou “não” para cada número; Margenstern, 2000, p. 217).

Entretanto, resolver um problema não é suficiente: a eficiência com que ele é resolvido também é de grande importância. Foi apenas com a evolução dos computadores modernos que a preocupação com a eficiência, em termos de tempo de execução e espaço de memória, ganhou maior relevância. A distinção entre problemas fáceis (resolvidos em tempo eficiente) e problemas difíceis (que podem requerer tempos de execução impraticavelmente longos) começou a ser formalizada com o desenvolvimento das classes de complexidade, sendo a classe P uma das primeiras e mais fundamentais (Margenstern, 2000, p. 217).

O algoritmo de Shor, proposto por Peter Shor em 1994, trouxe uma contribuição fundamental ao resolver o problema de fatoração de inteiros em tempo polinomial, com complexidade  $O((\log N)^3)$ ; Hey, 1999, p. 109)

Na computação clássica, a fatoração de inteiros grandes é um problema da classe NP (não determinístico polinomial), sem um algoritmo conhecido que o resolva em tempo polinomial. Em sistemas clássicos, a fatoração rápida torna-se impraticável para números com milhares de dígitos, exigindo tempo exponencial para decompor um número nos seus fatores primos. Essa característica fundamenta a segurança de muitos sistemas criptográficos modernos, como o RSA, que se baseia na dificuldade da fatoração para garantir a integridade dos dados (*ibid.*).

Com o algoritmo de Shor, a computação quântica altera radicalmente essa percepção. A possibilidade de fatoração eficiente subverte a classificação do problema como intratável, ao menos para entradas de tamanhos grandes, mas que permanecem praticáveis com a capacidade de um computador quântico suficientemente poderoso (Arora; Barak, 2007, p.

422). Esse resultado não apenas coloca o problema de fatoração na classe  $BQP$ , mas também sugere que outros problemas de natureza semelhante, envolvendo estrutura matemática específica, possam ser abordados com a mesma eficiência na computação quântica (Watrous, 2008, p. 12). O impacto dessa reclassificação é duplo: enquanto redefine a tratabilidade de problemas, ela também coloca em xeque os sistemas criptográficos que dependem da complexidade da fatoração (Arora; Barak, 2007, p. 423).

Outro avanço relevante trazido pela computação quântica é o algoritmo de Grover, que realiza buscas em listas ou bancos de dados desordenados com complexidade  $O(\sqrt{N})$  (Aaronson, 2021, p. 3). Esse algoritmo representa uma abordagem eficiente para o problema de busca, que no modelo clássico requer  $O(N)$  operações para ser resolvido de maneira exaustiva. Embora o ganho de eficiência do algoritmo de Grover não seja exponencial, ele oferece uma redução quadrática, o que ainda é significativo em cenários em que o tamanho da entrada  $N$  é muito grande (*ibid.*).

A busca não estruturada, comumente encontrada em aplicações como reconhecimento de padrões, análise de dados e resolução de quebra-cabeças combinatórios, era considerada impraticável em situações de tempo polinomial em sistemas clássicos devido à necessidade de checar cada item individualmente (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 12). O algoritmo de Grover muda essa classificação, propondo uma alternativa mais rápida que, em sistemas práticos, pode reduzir o tempo de busca de maneira substancial. Isso não altera a classificação do problema de busca em uma classe polinomial estrita, mas desloca sua resolução para um domínio mais eficiente, tornando-o acessível em um número de passos menor do que seria possível classicamente (Aaronson, 2021, p. 3).

Esses avanços exemplificados pelos algoritmos de Shor e Grover evidenciam que a introdução de métodos quânticos de cálculo não apenas modifica a tratabilidade de problemas, mas também provoca uma reinterpretação dos limites teóricos estabelecidos pela complexidade computacional clássica (Freire Junior; Greca, 2013, p. 20). A redefinição de problemas anteriormente intratáveis tem implicações profundas: enquanto a computação clássica considera problemas de fatoração e de busca em certas condições como intransponíveis em tempo polinomial, a computação quântica, ao operar na classe  $BQP$ , oferece soluções mais acessíveis, que colocam esses problemas em um novo patamar de viabilidade (Aaronson, 2021, p. 3).

Essa nova classificação sugere que problemas com alta simetria ou estrutura oculta – características que algoritmos quânticos são especial-

mente aptos a explorar – poderão ser reavaliados à medida que novas técnicas quânticas surgirem (Mohr, 2014, p. 3). Problemas que antes eram percebidos como limiares de complexidade intransponível, agora se tornam potenciais candidatos a soluções eficientes, ao menos em teoria (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 12). No entanto, para que esses algoritmos realmente se tornem ferramentas práticas, ainda é necessária uma infraestrutura de computação quântica robusta e uma superação das barreiras técnicas atuais, como a correção de erros e a estabilidade dos qubits (Aaronson, 2021, p. 2).

## O surgimento das classes de complexidade

O surgimento das classes de complexidade foi motivado pela necessidade de organizar problemas computacionais de acordo com a quantidade de recursos – em particular, tempo e espaço – necessários para resolvê-los (Arora; Barak, 2007, p. 66). Essa classificação visa definir a viabilidade prática de resolver problemas, identificando aqueles que podem ser resolvidos de forma eficiente e aqueles para os quais soluções eficientes permanecem desconhecidas (Gill *et al.*, 2021, p. 70). As classes de complexidade estabeleceram um *framework* teórico fundamental na ciência da computação, que não apenas organiza o estudo dos algoritmos e problemas em diferentes categorias, mas também permite análises rigorosas das limitações computacionais (Arora; Barak, 2007, p. 29).

A primeira classe de complexidade amplamente estudada foi  $P$ , que engloba problemas resolvíveis em tempo polinomial por uma máquina de Turing determinística (Stockmeyer, 1987, p. 4). A classe  $P$  representa o conjunto de problemas considerados tratáveis, ou seja, problemas que podem ser resolvidos em um tempo razoável conforme o tamanho da entrada aumenta (Arora; Barak, 2007, p. 27). A definição de tempo polinomial (representado como  $O(n^k)$  para algum inteiro  $k$ ) foi escolhida por representar uma expansão moderada de recursos à medida que o problema cresce, o que sugere que esses problemas são resolvíveis em prática por computadores clássicos (Arora; Barak, 2007, p. 68).

Em paralelo ao tempo polinomial, a classe de complexidade de espaço –  $PSPACE$  – surgiu para abordar problemas baseados na quantidade de memória necessária para resolução.  $PSPACE$  é definida como o conjunto de problemas que podem ser resolvidos por uma máquina de Turing determinística com uma quantidade polinomial de memória (Aaronson, 2021, p. 2). Esse conceito é importante em áreas como lógica e

verificação de modelos, em que o espaço ocupado é mais relevante que o tempo, especialmente em problemas que envolvem estruturas complexas de dados e lógica (Aaronson, 2021, p. 5).

Com o desenvolvimento da classe  $P$ , surgiu uma questão crucial: muitos problemas pareciam difíceis de resolver diretamente, mas suas soluções podiam ser verificadas de forma eficiente (Mohr, 2014, p. 3). Isso levou à definição da classe  $NP$  (Nondeterministic Polynomial time), que engloba problemas cuja solução pode ser verificada em tempo polinomial (Arora; Barak, 2007, p. 39). A classe  $NP$  inclui problemas como o Caixeiro Viajante e o Problema da Satisfatibilidade Booleano ( $SAT$ ), que podem não ter algoritmos de resolução em tempo polinomial conhecidos, mas têm verificações que podem ser feitas em tempo polinomial (Arora; Barak, 2007, p. 40).

O problema do Caixeiro Viajante (Traveling Salesman Problem – ) envolve um vendedor (ou “caixeiro viajante”) que deve visitar um conjunto de cidades, passando por cada uma exatamente uma vez e retornando à cidade de origem. O objetivo é determinar a rota mais curta possível que completa esse percurso. Este problema pode ser formalizado como uma questão de minimização sobre um grafo completo, em que as cidades representam os nós e as distâncias entre elas representam as arestas ponderadas do grafo (Arora; Barak, 2007, p. 54).

O  $TSP$  é um problema  $NP$ -difícil, uma vez que se encontra fora da classe  $P$  – para tamanhos de entrada muito grandes, os algoritmos conhecidos demandam tempo exponencial. Além disso, o  $TSP$  pertence à categoria dos problemas  $NP$ -completos em sua versão de decisão, e aqui a questão não é encontrar a rota mais curta, mas determinar se existe uma rota que não excede uma determinada distância  $D$  (Arora; Barak, 2007, p. 54). A complexidade do  $TSP$  está no crescimento exponencial do número de rotas possíveis conforme o número de cidades aumenta: para  $n$  cidades, existem  $(n-1)!/2$  possíveis rotas, o que torna inviável uma solução exata por força bruta para grandes valores de  $n$  (Arora; Barak, 2007, p. 54).

O Problema  $P$  versus  $NP$ , uma das maiores questões abertas na ciência da computação, questiona se todos os problemas em  $NP$  também estão em  $P$ , ou seja, se a solução de todos os problemas verificáveis em tempo polinomial poderia ser encontrada em tempo polinomial (Mohr, 2014, p. 3).

A descoberta da classe  $NP$  e do problema  $P$  versus  $NP$  gerou um marco no campo, pois introduziu um nível de incerteza sobre a viabilidade de resolver algoritmos complexos (Mohr, 2014, p. 3). Esse problema é de importância fundamental não só na ciência da computação teórica, mas também em áreas aplicadas como criptografia, em que muitos siste-

mas de segurança dependem da suposição de que problemas *NP*-difíceis não podem ser resolvidos em tempo polinomial (Mohr, 2014, p. 4).

A classe *P* refere-se ao conjunto de problemas que podem ser resolvidos por uma máquina de Turing determinística em tempo polinomial (Watrous, 2008, p. 3). Em termos práticos, um algoritmo pertence à classe *P* se o número de passos necessários para resolver o problema cresce de forma polinomial com o tamanho da entrada. Isso significa que, para qualquer problema em *P*, existe um algoritmo eficiente que pode ser executado dentro de limites razoáveis de tempo (Watrous, 2008, p. 2).

Em contrapartida, foi definida a classe *NP* (Non-deterministic Polynomial time), que contém problemas para os quais uma solução, se fornecida, pode ser verificada em tempo polinomial por uma máquina determinística (Watrous, 2008, p. 3). O conceito de não determinismo surge como uma forma teórica de representar sistemas que podem, em certo sentido, “adivinhar” soluções corretas entre várias possibilidades. No entanto, a existência de algoritmos que resolvam esses problemas em tempo polinomial (ou seja, pertencentes a *P*) ainda é um mistério não resolvido na teoria da complexidade, formulado na famosa questão  $P = NP?$  (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 11).

Ao longo das décadas de 1970 e 1980, essa questão se tornou central na ciência da computação teórica, levando à criação de uma hierarquia mais sofisticada de classes de complexidade, como *NP*-completo (um subconjunto de *NP* para o qual se acredita que não existe solução polinomial), *EXP* (problemas que requerem tempo exponencial) e *PSPACE* (problemas que podem ser resolvidos usando espaço polinomial; Aaronson, 2021, p. 5). Essas classes permitiram uma classificação mais granular dos problemas computacionais, facilitando o entendimento de suas dificuldades relativas (Arora; Barak, 2007, p. 54).

A teoria da complexidade computacional busca entender os limites e as capacidades dos algoritmos em função dos recursos computacionais necessários para resolver problemas, sendo essencial para categorizar problemas em classes baseadas em suas complexidades temporais e espaciais (Stockmeyer, 1987, p. 5). Uma dessas classes fundamentais é a classe *P*, que inclui todos os problemas que podem ser resolvidos em tempo polinomial por uma máquina de Turing determinística, e que, portanto, são considerados tratáveis computacionalmente dentro de um contexto clássico (Stockmeyer, 1987, p. 4). Este conceito é crucial, pois delimita o que a computação clássica pode resolver de maneira prática, com recursos finitos e em um tempo razoável.

Em contraste, a computação quântica introduz uma nova classe, conhecida como Bounded-Error Quantum Polynomial Time (*BQP*), que representa problemas resolvidos por computadores quânticos em tempo polinomial com um grau aceitável de erro probabilístico (Watrous, 2008, p. 11). A classe *BQP* inclui problemas que podem ser resolvidos mais rapidamente em um sistema quântico do que em um sistema clássico, demonstrando uma vantagem teórica que pode, potencialmente, ser concretizada com o desenvolvimento de computadores quânticos de grande escala (Mohr, 2014, p. 4).

Para compreender as diferenças entre *P* e *BQP*, é essencial analisar algoritmos que exemplifiquem a capacidade única dos sistemas quânticos. Um exemplo clássico é o algoritmo de Shor, que resolve o problema de fatoração em tempo polinomial para números grandes, enquanto a melhor solução conhecida na computação clássica exige tempo exponencial (Mohr, 2014, p. 4). Esse avanço é significativo, pois a fatoração rápida desafia os fundamentos da criptografia moderna, sugerindo que problemas considerados intratáveis em *P* podem, sob o paradigma quântico, tornar-se tratáveis (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 14). Da mesma forma, o algoritmo de Grover ilustra a capacidade dos computadores quânticos de realizar buscas não estruturadas em  $O(\sqrt{N})$ , em contraste com o tempo linear necessário em uma máquina clássica (Aaronson, 2021, p. 5). Estes exemplos não só demonstram a eficiência teórica da *BQP*, mas também levantam questões sobre o alcance dessa vantagem em cenários práticos (Freire Junior; Greca, 2013, p. 20).

Os limites teóricos de *BQP* em comparação com *P* ainda são tema de intensos debates na comunidade científica, pois não se sabe com certeza se *BQP* engloba *P*, ou se ambas são classes disjuntas. Estudos indicam que a *BQP* pode incluir uma ampla gama de problemas que não estão na classe *P*, porém sem uma demonstração formal da relação exata entre essas classes, o campo permanece aberto para especulações (Aaronson, 2021, p. 5).

Os desenvolvimentos na computação quântica desafiam as bases da teoria da complexidade ao introduzirem a possibilidade de uma hierarquia de classes que inclua operações e capacidades fora do alcance das máquinas de Turing clássicas (Watrous, 2008, p. 2). Pesquisas recentes discutem o potencial de paradigmas alternativos, como a computação adiabática e o *quantum annealing*, como novos frameworks que podem modificar a definição de tratabilidade computacional, especialmente para problemas de otimização (Gill *et al.*, 2021, p. 68). Estes métodos propõem reformulações dos próprios fundamentos da teoria da complexidade, su-

gerindo que classes como *BQP* possam vir a incorporar novos critérios, ou até mesmo novas classes surgirem para abarcar os avanços teóricos e práticos da computação quântica (Aaronson, 2021, p. 5).

Esses novos paradigmas abrem caminho para a revisão de conceitos tradicionais de complexidade e eficiência, ampliando o escopo para além das máquinas determinísticas e abordando problemas que exigem a exploração do paralelismo quântico. Essa abordagem aponta para uma possível revolução na teoria da complexidade, na qual a computação quântica não seria apenas um complemento, mas uma força motriz para a reestruturação da teoria como um todo (Gill *et al.*, 2021, p. 70).

Se a classe *P* delimita os problemas considerados “facilmente resolvíveis” com algoritmos eficientes em sistemas computacionais clássicos, em contraste, a classe *BQP*, “Bounded-Error Quantum Polynomial Time”, inclui problemas de decisão que podem ser resolvidos por uma máquina de Turing quântica em tempo polinomial com uma probabilidade de erro menor que  $1/3$  (Arora; Barak, 2007, p. 429). Essencialmente, a máquina quântica explora superposição e interferência quântica para testar múltiplos estados simultaneamente, o que a torna especialmente eficiente para certos problemas em que uma busca exaustiva clássica seria inviável (Aaronson, 2021, p. 4). *BQP* é uma classe probabilística; mesmo que o resultado não seja garantido, ele pode ser refinado por múltiplas execuções do algoritmo, o que reduz a probabilidade de erro para níveis arbitrariamente baixos (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 20).

A relevância de *P* e *BQP* reside na diferença entre problemas resolvíveis de maneira prática em um computador clássico versus um computador quântico (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 20). A computação clássica, ao limitar-se a uma análise sequencial dos dados, enfrenta barreiras consideráveis quando se trata de problemas como fatoração de números grandes, cujo tempo de execução aumenta exponencialmente com o tamanho da entrada (Freire Junior; Greca, 2013, p. 17). Por outro lado, a computação quântica, por meio de *BQP*, promete resolver tais problemas em tempo polinomial, explorando fenômenos quânticos como o entrelaçamento e a superposição (Arora; Barak, 2007, p. 430). Esse salto em capacidade computacional não apenas redefine o conceito de tratabilidade, mas também provoca uma reconsideração das fronteiras de segurança e criptografia que dependem da dificuldade de certos problemas no contexto clássico (Freire Junior; Greca, 2013, p. 17).

Para exemplificar as capacidades de *P* e *BQP*, podemos citar algoritmos específicos que ilustram o potencial de cada classe. No âmbito da classe *P*, o algoritmo de ordenação de mergesort é um exemplo clássico,

operando em tempo  $O(n \log n)$  e demonstrando a eficiência da resolução de problemas estruturados (Cheng; Wang, 2006, p. 4). Outro exemplo relevante na computação clássica é o algoritmo de Dijkstra, utilizado para resolver o problema de caminho mínimo em grafos ponderados, com complexidade temporal de  $O(V^2)$  em implementações tradicionais, em um cenário em que  $V$  representa o número de vértices (Li *et al.*, 2022, p. 8).

Na computação quântica, dois algoritmos se destacam: o algoritmo de Shor para fatoração e o algoritmo de Grover para busca não estruturada. O algoritmo de Shor, que resolve a fatoração de inteiros em tempo polinomial  $O((\log N)^3)$ , exemplifica a vantagem quântica ao abordar um problema que, na computação clássica, requer tempo exponencial. Essa característica é um marco na complexidade quântica, ameaçando a segurança de sistemas criptográficos baseados em fatoração (Shor, 1997). Já o algoritmo de Grover representa uma busca quadrática sobre um conjunto de dados não estruturados, reduzindo a complexidade de  $O(N)$  para  $O(\sqrt{N})$ , o que, embora não seja exponencial, ainda representa uma melhora significativa para cenários específicos, como criptografia simétrica (Arora; Barak, 2007, p. 27).

### **Análise comparativa entre computação quântica e clássica**

A comparação entre as abordagens clássica e quântica revela não apenas uma diferença na capacidade de processamento, mas também na maneira como a informação é manipulada e interpretada.

A computação clássica, baseada em bits binários (0 ou 1), opera de forma determinística, seguindo um fluxo sequencial ou, no máximo, paralelismo em multiprocessadores para ganhos de desempenho (Gill *et al.*, 2021, p. 69). Em contraste, a computação quântica utiliza qubits, que podem estar em múltiplos estados simultaneamente, representando um espaço de busca exponencialmente maior a cada qubit adicionado (Gill *et al.*, 2021, p. 70). Essa diferença torna a computação quântica particularmente eficaz para problemas nos quais a simultaneidade das soluções gera um ganho significativo, ao contrário dos problemas estruturados, que ainda são resolvidos com mais eficiência em máquinas clássicas para entradas de tamanho moderado (Gill *et al.*, 2021, p. 71).

As limitações da computação quântica, contudo, ainda são significativas; atualmente, os computadores quânticos enfrentam desafios técnicos, como a manutenção da coerência dos qubits e a correção de erros, o que não diminui as muitas possibilidades para o futuro, como podemos ver em Gill *et al.* (2021).

O artigo intitulado “Quantum Computing: A Taxonomy, Systematic Review, and Future Directions” (Gill *et al.*, 2021) apresenta uma revisão abrangente sobre o estado atual da computação quântica, propondo uma taxonomia que categoriza os desenvolvimentos tecnológicos, algoritmos e ferramentas de software no campo. A metodologia empregada é uma revisão sistemática da literatura, na qual os autores analisam a pesquisa existente e destacam áreas de lacunas e desafios. O estudo identifica quatro categorias principais de características da computação quântica: características básicas, algorítmicas, de tempo/portas e outras, fornecendo uma estrutura para mapear os estudos conforme a tecnologia avança. Como resultado, os autores apontam desafios críticos, como a decoerência quântica e as dificuldades de conectividade entre qubits, especialmente em dispositivos da era NISQ (Quantum de Escala Intermediária e Ruidoso), e enfatizam a necessidade de desenvolvimento em criptografia pós-quântica e hardware escalável. O artigo sugere direções futuras para pesquisa, incluindo algoritmos de aprendizado de máquina quântica e avanços na computação segura, ambos promissores, mas ainda limitados por obstáculos técnicos e de implementação

Assim, enquanto a classe  $BQP$  promete resolver problemas intratáveis na computação clássica, a implementação prática, de acordo com os autores acima citados ainda depende de avanços tecnológicos substanciais para que essas promessas se tornem aplicáveis a grande escala.

Esse panorama entre as classes  $P$  e  $BQP$ , ancorado em algoritmos representativos e nas diferenças entre as abordagens computacionais, permite uma visão aprofundada dos potenciais e limitações de cada paradigma (Mohr, 2007, p. 4). Embora a computação quântica represente um avanço teórico promissor, a complexidade computacional continua a evoluir em direção a um futuro em que o híbrido entre as abordagens clássica e quântica possa ser uma via de exploração científica (Aaronson, 2021, p. 5).

A discussão sobre teorias híbridas que integram características de computação quântica e clássica está ganhando força, especialmente em resposta aos desafios práticos e teóricos que emergem com a introdução de paradigmas quânticos na computação (Gill *et al.*, 2021, p. 15). Essas abordagens híbridas visam explorar o melhor dos dois mundos, aproveitando a estabilidade e a familiaridade dos métodos clássicos juntamente com a eficiência e as capacidades paralelas oferecidas pelos algoritmos quânticos (*ibid.*, p. 17). Em um cenário em que a computação quântica pura ainda enfrenta barreiras técnicas significativas, como a correção de

erros e a manutenção da coerência quântica, as teorias híbridas surgem como uma alternativa viável para resolver problemas complexos de maneira mais eficiente (*ibid.*, 2021, p. 28).

Uma das abordagens mais promissoras na teoria híbrida é o Quantum-Classical Hybrid Algorithm, que utiliza uma estrutura em que partes de um problema são processadas por algoritmos quânticos, enquanto outras são abordadas por métodos clássicos (Gill *et al.*, 2021, p. 12). Um exemplo emblemático dessa abordagem é o algoritmo de otimização Variational Quantum Eigensolver (VQE), que aplica uma rotina quântica para a resolução de parte do problema e, em seguida, utiliza um algoritmo clássico para ajustar os parâmetros do circuito quântico, criando um loop iterativo entre os métodos quânticos e clássicos (Gill *et al.*, 2021, p. 2). Esse processo permite que sistemas quânticos de tamanho limitado, como os atualmente disponíveis, contribuam para resolver problemas complexos, enquanto a parte clássica estabiliza e processa o output quântico.

Modelos híbridos, como o Variational Quantum Eigensolver (VQE), aplicam sub-rotinas quânticas para explorar espaço de soluções de alta complexidade e métodos clássicos para refinamento e ajuste. Esse método é fundamental na química quântica computacional, em que a simulação de estados moleculares requer uma combinação de precisão e complexidade que apenas sistemas híbridos podem fornecer com eficiência (Gill *et al.*, 2021, p. 2).

Essas estratégias híbridas são fundamentadas na noção de que a computação quântica é particularmente vantajosa para partes de problemas que envolvem grande paralelismo ou alta entropia, como a otimização de funções de energia ou a análise de estados complexos em física e química quântica (McClellan *et al.*, 2016, p. 12). A parte clássica, por sua vez, continua essencial para funções que exigem precisão e para tarefas que se beneficiam de arquiteturas tradicionais de computação. Assim, os algoritmos híbridos representam uma solução que integra a vantagem de performance quântica sem depender completamente de sistemas quânticos que ainda estão em fase de desenvolvimento experimental (*ibid.*, p. 1).

Outra abordagem importante dentro da computação híbrida é o uso de *Quantum Annealing* junto com métodos de otimização clássica, como as redes neurais (Gill *et al.*, 2021, p. 2). O *Quantum Annealing*, utilizado principalmente em dispositivos como o D-Wave, permite a exploração de soluções quase-ótimas para problemas de otimização combinatória, como os encontrados em logística e aprendizado de máquina (*ibid.*, p. 31). Ao

combinar o *Quantum Annealing* com métodos clássicos, é possível refinar essas soluções quase-ótimas, reduzindo o espaço de busca para as partes mais promissoras do problema, e então refinar os resultados com algoritmos de aprendizagem clássicos (McClellan *et al.*, 2016, p. 6).

Essa combinação é particularmente eficaz para problemas em que as estruturas de dados são muito complexas para serem tratadas com eficiência exclusivamente em um sistema quântico (Arora; Barak, 2007, p. 433). Em aprendizado de máquina, por exemplo, as arquiteturas híbridas são aplicadas para acelerar tarefas de treinamento e inferência, o que poderia ter um impacto significativo em áreas como análise de grandes volumes de dados, reconhecimento de padrões e diagnóstico médico (Gill *et al.*, 2021, p. 15). A partir dessa colaboração entre métodos clássicos e quânticos, o campo da complexidade computacional está, de fato, presenciando uma nova hierarquia de problemas que podem ser resolvidos de maneira otimizada através de abordagens mistas, desafiando as categorizações binárias anteriores entre tratável e intratável (Gill *et al.*, 2021, p. 17).

Embora promissoras, as abordagens híbridas também enfrentam desafios significativos, especialmente no que se refere à integração eficaz entre os sistemas quânticos e clássicos. Um dos principais problemas é a latência na comunicação entre os sistemas, pois o envio e processamento de dados entre unidades quânticas e clássicas pode introduzir atrasos que limitam a eficiência do processo híbrido (McClellan *et al.*, 2016, p. 10). Além disso, a adaptação dos algoritmos clássicos para trabalhar de forma otimizada em conjunto com algoritmos quânticos ainda exige um desenvolvimento algorítmico e técnico profundo, principalmente em relação à correção de erros e à parametrização dos circuitos quânticos (*ibid.*, p. 11).

Outro desafio é a definição da classe de problemas que realmente se beneficiam dessas arquiteturas híbridas, já que muitas soluções ainda dependem de experimentação e ajustes. Enquanto métodos clássicos de machine learning podem ser melhorados com componentes quânticos, ainda há debate sobre a real extensão da vantagem quântica para algoritmos híbridos em larga escala. A própria teoria da complexidade computacional híbrida ainda está em seus estágios iniciais, e espera-se que novas classificações e frameworks sejam propostos para abordar a complexidade mista dos sistemas híbridos (Gill *et al.*, 2021, p. 15).

Os avanços em teorias híbridas abrem caminho para um cenário em que a computação quântica e clássica podem ser integradas em uma infraestrutura conjunta, permitindo que cada tipo de sistema seja utiliza-

do em sua capacidade máxima. Pesquisadores sugerem a possibilidade de uma “computação em camadas” para resolver problemas que seriam segmentados em subproblemas, com camadas específicas sendo destinadas a algoritmos quânticos e outras camadas a algoritmos clássicos. Esse modelo de segmentação modular ajudaria a superar limitações atuais, facilitando o uso simultâneo de várias arquiteturas computacionais em um único ambiente (Gill *et al.*, 2021, p. 25).

Assim, as teorias híbridas estão construindo a base para uma transformação nos paradigmas de complexidade computacional, ao permitir que características clássicas e quânticas coexistam, otimizando a resolução de problemas de alta complexidade. Embora ainda estejam emergindo, as propostas de integração híbrida oferecem uma visão para o futuro da computação, em que a colaboração entre métodos clássicos e quânticos permita expandir o escopo e a aplicabilidade da teoria da complexidade, promovendo uma revolução prática e teórica em como a computação enfrenta problemas complexos (Gill *et al.*, 2021, p. 28).

Além disso, o surgimento de novas classes de complexidade na computação quântica marca uma evolução fundamental no entendimento teórico e prático de problemas computacionais. A transição das classes clássicas de complexidade, como  $P$  e  $NP$ , para novas classes quânticas, como  $QMA$  (Quantum Merlin Arthur), e a reavaliação de classes probabilísticas clássicas, como  $BPP$  (Bounded-error Probabilistic Polynomial time) e  $PP$  (Probabilistic Polynomial time), abrem novas perspectivas para a análise e categorização de problemas específicos do domínio quântico (Watrous, 2008, p. 18).

A computação quântica introduz propriedades únicas, como a superposição e o entrelaçamento, que desafiam os limites das classes de complexidade tradicionais. Enquanto classes clássicas, como  $P$  e  $NP$ , são definidas pela capacidade dos algoritmos de resolver problemas em tempo polinomial ou verificar soluções em tempo polinomial, as máquinas quânticas podem explorar vastos espaços de soluções simultaneamente, operando em estados de probabilidade que requerem uma abordagem probabilística mais ampla (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 12). Nesse cenário, surgem classes quânticas como  $BQP$  (Bounded-error Quantum Polynomial time), que representam problemas solúveis por computadores quânticos com uma probabilidade de erro limitada e que expandem as fronteiras do que é computacionalmente acessível (Bernstein; Vazirani, 1993, p. 14).

## **Classes de complexidade probabilística e verificação quântica: *QMA, BPP e PP***

*QMA*, ou Quantum Merlin Arthur, é uma classe de complexidade que adapta a classe *MA* (Merlin-Arthur) da teoria clássica para o contexto quântico. Em termos simples, um problema está em *QMA* se um “proponente” (Merlin) pode fornecer uma prova quântica para uma afirmação, e um verificador quântico (Arthur) pode validar essa prova com um erro limitado (Aaronson, 2021, p. 5). A *QMA* amplia a noção de verificabilidade para situações nas quais provas e verificações utilizam propriedades quânticas, criando possibilidades para problemas em que a validação de estados quânticos complexos é necessária (Watrous, 2008, p. 18).

Por exemplo, um problema como a verificação de um estado quântico emaranhado específico, essencial em protocolos de criptografia quântica e simulações moleculares, pertence a essa classe. *QMA* representa, portanto, uma extensão prática para problemas de decisão na computação quântica e aponta para uma taxonomia em que não apenas a resolução, mas também a verificabilidade de soluções quânticas, é considerada (*ibid.*, p. 19).

Classes probabilísticas como *BPP* e *PP* desempenham um papel essencial ao fornecer uma base para a compreensão da probabilidade em sistemas computacionais. *BPP*, que representa problemas solucionáveis em tempo polinomial com uma margem de erro limitada, é uma classe que se adapta ao ambiente quântico, em que o comportamento probabilístico é uma característica nativa (Arora; Barak, 2007, p. 68). Na computação quântica, os algoritmos frequentemente retornam respostas com uma probabilidade de erro intrínseca, tornando *BPP* um alicerce para a construção de novas classes de complexidade quântica (*ibid.*, 2007, p. 143).

Por outro lado, *PP* é uma classe que engloba problemas solucionáveis em tempo polinomial em que a probabilidade de sucesso pode ser superior a 50% (Arora; Barak, 2007, p. 173). *PP* é mais permissiva que *BPP*, uma vez que não impõe restrições rígidas à probabilidade de erro. Essa flexibilidade é relevante na computação quântica, especialmente em algoritmos em que a exatidão total é impossível ou desnecessária, mas uma solução com alta probabilidade de sucesso é suficiente. Isso se mostra valioso, por exemplo, em algoritmos quânticos de otimização e em certos tipos de simulações moleculares, em que as probabilidades podem ser manipuladas para maximizar as chances de uma solução próxima do ideal (*ibid.*).

As classes quânticas e probabilísticas delineiam uma taxonomia que abrange melhor os problemas da era quântica (Gill *et al.*, 2021, p. 25). Diferentes classes permitem separar problemas que são teoricamente resolvíveis de forma quântica daqueles que são apenas verificáveis, ou que dependem fortemente da probabilidade. A introdução dessas classes não apenas enriquece a teoria da complexidade, mas também permite categorizar problemas práticos da computação quântica dentro de um quadro compreensível, aproximando a teoria da prática (*ibid.*).

Por exemplo, a classe  $QMA$  completa, que contém problemas que são teoricamente difíceis mesmo para algoritmos quânticos, representa o limite da complexidade computacional para verificações quânticas (Aaronson, 2021, p. 5). Em contrapartida, problemas em  $BQP$ , mais acessíveis à solução quântica, sugerem a possibilidade de algoritmos eficientes para tarefas como a fatoração de números inteiros, demonstrada pelo famoso algoritmo de Shor. As interseções entre essas classes destacam a flexibilidade da computação quântica ao lidar com problemas com diferentes níveis de dificuldade e verificabilidade (Arora; Barak, 2007, p. 143). A criação de novas classes de complexidade quântica e a inclusão de classes probabilísticas na taxonomia quântica têm implicações profundas.

No plano teórico, elas permitem que a computação quântica seja compreendida de forma mais integrada e robusta dentro do campo da complexidade computacional. No contexto prático, essas classes auxiliam na identificação de problemas que, embora intratáveis por máquinas clássicas, podem ser viáveis de serem resolvidos ou verificados com o uso de algoritmos quânticos. Essa categorização é crucial para a transição da computação quântica do ambiente acadêmico para aplicações industriais, como segurança de dados, bioinformática e ciência dos materiais (Gill *et al.*, 2021, p. 3).

Classes como  $QMA$  fornecem um modelo para a validação de soluções quânticas, possibilitando que problemas de criptografia e otimização sejam mais bem compreendidos e abordados. Além disso,  $BPP$  e  $PP$  criam uma estrutura probabilística que suporta a criação de algoritmos híbridos, nos quais sistemas quânticos e clássicos podem operar em conjunto. Dessa forma, a complexidade quântica oferece uma ponte entre a teoria da computação e aplicações práticas, em que a probabilidade e a verificabilidade tornam-se elementos centrais no desenvolvimento de soluções (Watrous, 2008, p. 19).

## Conclusões

A computação quântica, ao oferecer uma alternativa paradigmática aos sistemas clássicos, enfrenta complexos desafios técnicos, sobretudo no que tange à manutenção da coerência dos qubits. Este fenômeno, essencial para a execução de cálculos quânticos eficazes, é limitado pela fragilidade dos estados quânticos frente a interações externas, o que provoca a chamada decoerência. Em um sistema quântico, a interação com o ambiente pode introduzir flutuações que comprometem a superposição e o entrelaçamento, elementos fundamentais para o processamento quântico de informações. Com o aumento no número de qubits em dispositivos quânticos, a probabilidade de ocorrências de erro por decoerência cresce exponencialmente, tornando a preservação da coerência um dos principais obstáculos para a implementação prática em larga escala de algoritmos quânticos. Esta limitação não apenas restringe o tempo de vida dos qubits, mas também impõe barreiras substanciais à escalabilidade e à estabilidade dos sistemas quânticos, afetando a confiabilidade de suas operações.

A necessidade de correção de erros quânticos surge como uma tentativa de contornar os limites impostos pela decoerência, permitindo que a computação quântica mantenha a integridade da informação mesmo em face de erros inevitáveis. No entanto, a correção de erros quânticos traz seu próprio conjunto de desafios, uma vez que exige uma complexa arquitetura de redundância: cada qubit lógico deve ser sustentado por múltiplos qubits físicos, resultando em uma sobrecarga significativa de recursos. Esse aumento de complexidade arquitetural impacta diretamente a escalabilidade, tornando as implementações de larga escala ainda mais desafiadoras no contexto atual da tecnologia. A necessidade de um número expressivamente maior de qubits físicos para compor um único qubit lógico funcional implica em um consumo substancial de energia e requer níveis avançados de isolamento e controle térmico, o que por sua vez limita o uso da computação quântica fora de ambientes altamente controlados. A análise detalhada desses fatores é essencial para se compreender o caminho árduo e gradual que a computação quântica deve percorrer até alcançar um estágio de aplicabilidade ampla e efetiva.

A análise sobre as classes de complexidade quânticas e clássicas, particularmente focando em  $P$  e  $BQP$ , e a introdução de algoritmos quânticos como os de Shor e Grover, revela uma transformação fundamental na compreensão dos limites da computação e da teoria da complexidade. Tradicionalmente, a computação clássica enfrenta barreiras bem definidas

para problemas de alta complexidade, classificando muitos deles como intratáveis em termos de tempo polinomial. Entretanto, com o advento da computação quântica, alguns desses problemas tornam-se viáveis, mudando a definição de tratabilidade e introduzindo um novo paradigma para a resolução de problemas computacionais complexos.

O algoritmo de Shor exemplifica uma ruptura significativa na segurança criptográfica baseada em fatoração de grandes inteiros, mostrando que o que era considerado seguro e intransponível em um contexto clássico pode ser resolvido em tempo polinomial por sistemas quânticos. Da mesma forma, o algoritmo de Grover representa uma aceleração na busca de dados desestruturados, diminuindo significativamente o número de operações necessárias e abrindo novas possibilidades para áreas de big data e inteligência artificial. Essas capacidades ampliam o potencial prático da computação quântica em domínios aplicados e sublinham a necessidade de novos modelos de criptografia resistentes a ataques quânticos.

A introdução de modelos híbridos, como o *Variational Quantum Eigensolver (VQE)* e *Quantum Annealing* em conjunto com métodos de otimização clássicos, inaugura uma era em que a computação não será exclusivamente clássica ou quântica, mas uma fusão eficiente dos dois paradigmas. Essa abordagem híbrida é particularmente promissora para problemas de otimização e simulação molecular, em que a complexidade mista permite explorar um espaço de solução maior e com maior precisão, criando uma classe de problemas que apenas esses sistemas integrados podem resolver com eficácia.

A expansão da complexidade computacional para incluir classes específicas de problemas quânticos e probabilísticos representa um avanço crítico para a computação moderna. *QMA*, *BPP* e *PP* são exemplos de como a teoria da complexidade se adapta para lidar com os desafios e oportunidades da computação quântica, oferecendo uma estrutura que ajuda a distinguir diferentes tipos de problemas, desde os solucionáveis até os verificáveis e probabilisticamente resolvíveis. Essas classes não apenas ampliam o escopo teórico, mas também guiam o desenvolvimento de algoritmos e soluções práticas, impulsionando a computação quântica como uma ferramenta fundamental para a resolução de problemas de alta complexidade na sociedade moderna.

A relação entre  $P$  e  $BQP$  ainda é teórica e experimentalmente indefinida. Não há prova de que  $BQP$  engloba  $P$  ou vice-versa. Isso significa que problemas que são tratáveis na computação clássica podem não ter eficiência equivalente em sistemas quânticos e que problemas em  $BQP$  podem não ser resolvíveis por algoritmos determinísticos clássicos.

Essas descobertas apontam para uma expansão da teoria da complexidade computacional, que precisa evoluir para incluir uma taxonomia mais ampla e adaptativa de problemas, contemplando as classes de complexidade híbrida. A criação de novos frameworks para descrever essa complexidade mista é essencial, pois permitirá uma classificação mais precisa e previsível do que é viável ou intratável na computação moderna. Em última análise, a introdução de computação quântica e híbrida não só redefine os limites teóricos da complexidade, mas também traz um impacto prático significativo para a ciência, a segurança digital e o desenvolvimento de tecnologias avançadas, sinalizando uma revolução contínua na maneira como abordamos problemas computacionais.

Os limites teóricos e práticos de  $P$  e  $BQP$  apontam para a necessidade de abordagens híbridas, em que a computação clássica e quântica são utilizadas em conjunto, tirando proveito das forças de cada abordagem. A integração de algoritmos clássicos e quânticos, como no *Variational Quantum Eigensolver* (VQE) e em outras técnicas de otimização híbrida, visa utilizar a eficiência da computação clássica para problemas estruturados enquanto explora a computação quântica para resolver partes do problema que se beneficiam do paralelismo quântico (McClean *et al.*, 2016, p. 1). Esse tipo de arquitetura híbrida pode permitir que problemas classificados atualmente como intratáveis se tornem acessíveis, mesmo que parcialmente, em um futuro próximo.

## Referências

AARONSON, Scott. Open problems related to quantum query complexity. *ACM Transactions on Quantum Computing*, v. 2, n. 4, p. 1–9, 31 dez. 2021. Disponível em <https://arxiv.org/pdf/2109.06917>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

ARORA, Sanjeev; BARAK, Boaz. *Computational complexity: A modern approach*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

BERNSTEIN, Ethan.; VAZIRANI, Umesh. *Quantum complexity theory. Proceedings of the Twenty-fifth Annual ACM Symposium on Theory of Computing – STOC '93*, p. 11-20, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1137/S0097539796300921>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

CHENG, Sheng-Tzong; WANG, Chun-Yen. Quantum switching and quantum merge sorting. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, v. 53, n. 2, p. 316-325, 2006. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1593938>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

FREIRE JUNIOR, Olival; GRECA, Ilena M. Informação e teoria quântica. *Scientiae Studia*, v. 11, n. 1, p. 11–33, jan. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ss/a/gx6mgj96M9q96XVkrkh7bSp>>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

GILL, Sukhpal Singh, *et al.* Quantum computing: A taxonomy, systematic review and future directions. *Software: Practice and Experience*, 52, p. 66–114, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/spe.3039>>. Acesso em 30 out., 2024.

HEY, Tony. Quantum computing: an introduction. *Computing & Control Engineering Journal*, v. 10, n. 3, p. 105–112, 1999. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/3363605\\_Quantum\\_computing\\_An\\_introduction](https://www.researchgate.net/publication/3363605_Quantum_computing_An_introduction). Acesso em 30 de outubro de 2024.

LI, Jian *et al.* Fidelity-guaranteed entanglement routing in quantum networks, *IEEE Transactions on Communications*, v. 70, n. 10, p. 6748–6763, 2022. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2111.07764>>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

MARGENSTERN, Maurice. Frontier between decidability and undecidability: a survey. *Theoretical Computer Science*, v. 231, n. 2, p. 217–251, 2000. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/82133923.pdf>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

McCLEAN, Jarrod R. *et al.* The theory of variational hybrid quantum-classical algorithms. *New Journal of Physics*, v. 18, n. 2, 20 p, 2016. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1509.04279>>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

MOHR, Austin. Quantum computing in complexity theory and theory of computation, Carbondale IL, 2014, Disponível em: <<http://austinmohr.com/work/files/complexity.pdf>>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

RAYMER, Michael G.; MONROE, Christopher. The US National Quantum Initiative. *Quantum Science Technology*, v. 4, n. 20504, p. 1–6, 2019. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/abo441>>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

STOCKMEYER, Larry. Classifying the computational complexity of problems. *Journal of Symbolic Logic*, v. 52, n. 1, p. 1–43, 1987. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2273858>>. Acesso 30 out., 2024.

WATROUS, John. Quantum computational complexity, 2008. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/0804.3401>>. Acesso em 30 de outubro de 2024.

# Por uma ética quântica combinada com um direito procedimentalizado para fazer face ao avanço das tecnologias de inteligência artificial

Willis Santiago Guerra Filho<sup>1</sup>

Paola Cantarini<sup>2</sup>

**Resumo:** O artigo aborda um aspecto pouco explorado na filosofia do direito: as relações entre o direito e a teoria quântica. Desde o clássico Direito Quântico do jurista Goffredo da Silva Telles, esses paralelos têm gerado estranheza e dificuldades no quadro geral das teorias jurídicas. A despeito desses desafios, este artigo pretende lançar novas luzes sobre essa relação, explorando termos, usos, procedimentos, categorias e conceitos do direito à luz das indeterminações quânticas e dos desafios tecnológicos das Inteligências Artificiais generativas. Propõe assim uma ética quantizada. Ou seja: uma ética capaz de se subdividir nas dimensões mais sutis dos eventos em disputa e, desse modo, capaz de fornecer procedimentos práticos para o conceito de justiça.

**Palavras-chave:** direito; jurisdição; ética; quântica; inteligências artificiais; procedimentalização.

---

<sup>1</sup> Professor Titular do Centro de Ciências Jurídicas e Políticas da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Livre-Docente em Filosofia do Direito pela Universidade Federal do Ceará (UFC); Doutor em Ciência do Direito pela Universidade de Bielefeld, Alemanha; Doutor e Pós-Doutor em Filosofia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Mestre em Direito, Doutor em Comunicação e Semiótica, Doutor em Psicologia Social – Psicologia Política (PU-CSP). <http://lattes.cnpq.br/8059802421128019>. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-0315-9231>. E-Mail: [willis.filho@unirio.br](mailto:willis.filho@unirio.br).

<sup>2</sup> Doutorado em Filosofia do Direito (Universidade do Salento, Itália); mestrado e doutorado em Direito e em Filosofia (PUC-SP); pós-doutorado em Filosofia, pensamento crítico e arte (European Graduate School), em Direito (FD-USP), em Sociologia Jurídica (Universidade de Coimbra), em Tecnologias da Inteligência e do Design Digital (PUC-SP) e em Inteligência Artificial e Filosofia (Instituto de Estudos Avançados – USP – Cátedra Oscar Sala). Fundadora e presidente do Instituto EthikAI. <http://lattes.cnpq.br/0037990716909329>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9610-8440>. E-Mail: [paolacantarini@gmail.com](mailto:paolacantarini@gmail.com). \_

## **For a quantum ethics combined with a procedural law to face the advance of artificial intelligence technologies**

**Abstract:** The paper addresses an aspect little explored in the philosophy of law: the relationship between law and quantum theory. Since the classic Quantum Law by jurist Goffredo da Silva Telles, these parallels have generated strangeness and difficulties in the general framework of legal theories. Despite these challenges, this article aims to shed new light on this relationship, exploring terms, uses, procedures, categories and concepts of law in light of quantum indeterminacies and the technological challenges of generative Artificial Intelligence. It thus proposes a quantized ethics. In other words: an ethics capable of subdividing itself into the most subtle dimensions of the events in dispute and, thus, capable of providing practical procedures for the concept of justice.

**Keywords:** law; jurisdiction; ethics; quantum; artificial intelligence; proceduralization.

A ética seria a disciplina que nos conduz à felicidade, ao indicar o Bem supremo, e em razão da grande divergência entre filósofos e pessoas em geral sobre o que seria esse Bem supremo, o pensamento moderno, especialmente com Kant, vai se caracterizar pela adoção de uma ética formal, independente dos bens que desejam as pessoas e do modo como os distribuem no direito, na política, na economia etc. Aqui os princípios orientadores da ação derivam de um imperativo categórico que requer obediência universal, caso queiramos instituir a autonomia da vontade e uma comunidade de homens livres. O caráter abstrato dessa concepção termina revelando-a inadequada para motivar ações e decisões concretas, em face da diversidade e singularidade de situações com as quais nos defrontamos.

A palavra *ethos* em grego antigo, quando escrita com épsilon (έ), corresponderia ao latim *mores*, significando um conjunto de normas concernentes à conduta política e socialmente regrada por normas costumeiras. Já quando escrita com êta (ή) remetia ao caráter, à natureza espontânea das pessoas, significando, literalmente, sua morada ou lar, onde nos sentimos à vontade, por corresponder ao que nos é próprio. O termo “moral”, proveniente da tradução de Cícero do latim (de *mores*), costuma ser utilizado indistintamente como sinônimo do termo de origem grega “ética”, sendo comumente considerado que ambos possuem o mesmo significado, enquanto alguns autores os diferenciam, atribuindo um sentido mais amplo e coletivo ao segundo, e mais restrito e individual ao primeiro. De certa maneira, resolve-se a divergência com a distinção clássica, devida a Hegel, entre *Moralität*, subjetiva, e *Sittlichkeit*, objetiva.

Também se pode diferenciar “ética” e “moral” considerando esta última objeto de estudo da primeira, que seria um saber, saber sobre o que é devido, cabendo à moral determinar o que é devido, tornando-se, assim, objeto de estudo da ética. Como essa “ciência do dever” assume um caráter igualmente normativo, a filosofia analítica contemporânea vai referir-se a uma “metaética”, formada por proposições meramente descritivas, que toma a ética ou “as éticas” como objeto de um estudo em que o conhecimento efetivamente possa se dar, desvinculado de compromisso com o aspecto prescritivo, apesar de estar lidando com a esfera do dever ser.

A ética, então, considerada desde a perspectiva clássica – e que ainda hoje aponta para uma de suas dimensões fundamentais – seria a disciplina que nos conduz à felicidade, ao indicar o Bem supremo, e em razão da grande divergência entre filósofos e pessoas em geral sobre o que seria esse Bem supremo, o pensamento moderno, especialmente com Kant,

como dito ao início, vai se caracterizar pela adoção de um formalismo ético, tornando tal bem supremo algo autônomo, donde ser independente dos bens que se deseja, bem como de sua valoração em outros campos, como o direito, a política, a economia e, mesmo, a religião. Já na perspectiva clássica, greco-romana e, mesmo, naquela teológica medieval, a ética é sempre uma ética material, associada a outros aspectos da vida, em sua dimensão social, especialmente àqueles de natureza política, donde a indissociabilidade entre o comportamento recomendado a cada um individualmente e o que de cada um se espera enquanto membro da comunidade política: o comportamento ético seria igualmente justo e, como hoje se diz, “politicamente correto”, ou, em linguagem popular, por conhecer cada um o seu lugar.

Na modernidade, com Kant, como referido e sobejamente conhecido, os princípios orientadores da ação derivam de um imperativo categórico, pelo qual optamos de “livre e espontânea vontade”, e por isso requer obediência universal, para assim instituir a autonomia da vontade e uma comunidade de homens livres. O caráter abstrato dessa concepção termina revelando-a inadequada para motivar ações e decisões concretas, em face da diversidade e singularidade de situações com as quais nos defrontamos, sobretudo atualmente. É assim que se passou a defender uma ética dita “pós-convencional”, que recupera elementos da antiga ética material, fazendo convergir, por exemplo, a ética e a política em uma teoria da justiça, como em Rawls, onde se propugna mais um procedimento para se atingir soluções eticamente justificáveis para os problemas, do que princípios com base nos quais se possa deduzir tais soluções, ou ainda regras pré-estabelecidas em que já se oferecem tais respostas. Essa é a ideia que anima, igualmente, a chamada “ética do discurso”, associada a nomes como Karl-Otto Apel e Jürgen Habermas (Oliveira, 2000, p. 163 e seg.).

Facilmente se percebe, assim, que a ética, ou seja, o saber o que devemos fazer, depende fundamentalmente da resposta àquela outra questão, que é teológica, ou melhor, religiosa, sobre o que podemos esperar do desfecho da vida. Dito de outra forma: a definição do modo como devemos nos comportar nessa vida depende da concepção que temos de seus limites – da morte, portanto.

Ocorre que em ética, ou nas éticas em geral, já se dá aquela questão por resolvida, associando-se a vida ao bem e a morte ao mal, pois ser é que é bom e não ser, ruim. A tais éticas, afirmativas e universalistas, porém, podemos contrapor um outro tipo de ética, negativa e local ou tópica, que

ao evitar uma valoração positiva prévia do que é, em detrimento do que não é, pode tornar mais bem vivida a vida de um ser, como nós, que a rigor não *somos* – no sentido em que só o Deus pode ser –, mas apenas existimos – enquanto este Deus, porque é, não existe –, ocasionalmente. A proposta ética aqui suscitada, portanto, tangencia considerações avançadas por Júlio Cabrera sobre uma ética negativa. Cabrera (1990, p. 10), por sua vez, destaca que seu trabalho “pode ser lido como um pequeno epílogo à obra crítica de Nietzsche”, sendo realmente de importância inigualável a perspectiva nietzschiana, a qual nos oferece a inversão de todos os valores e, pela ética negativa, é também invertida, restituindo a primazia da verdade (do não ser) frente à vida (do ser). Neste sentido, ela não é epistemologicamente desinflacionada, pois não abdica da verdade, mas sim ontologicamente desinflada, por desviar da questão do ser, como pressuposto para o desenvolvimento da ética, como o é também para se desenvolver a ciência.

Afinal, somos uma ilusão de ser, pois apenas estamos, existimos, não somos realmente, já que ser é ser para sempre. Se somos, somos nada. É esse nada, esse vazio interior, que nos horroriza, por mais que o evitemos, quando com ele nos deparamos, ao pensarmos com radicalidade nossa existência e verificamos o que somos: não ser, mera existência.

Se a ética se ocupa da determinação do que é bom e do que é mal na vida, já dando como resolvida a questão do bem de viver e da própria necessidade da ética, ela está colaborando para dificultar a vida do ser moral que somos nós, ao invés de nos ajudar, pois se a vida é que é o bem e a morte é o mal, tudo o mais só pode ser mal, já que vamos morrer – o que, a rigor, pode acontecer a qualquer momento e, na verdade, estamos morrendo a cada dia, a cada segundo, enquanto vivemos. Então seria preferível não termos ética: a ética deve ser negativa, por ser afirmativa do impossível, isto é, do dever de viver, o nosso bem maior, porém, intangível.

Tudo o que fazemos, especialmente o que nos dá prazer – desde as coisas mais simples, como comer e fazer amor, conversar e fazer amigos, até as mais sofisticadas, como a arte e a ciência, passando por aquelas em geral condenáveis moralmente, como a busca da glória, do poder, de dinheiro, drogar-se, cometer crimes – não passam de tentativas vãs de ocultarmos de nós mesmos nossa falta de ser, preencher ou ornamentar o vazio fundamental que somos nós: eis o mal radical. A ética afirmativa e universalista nos força a optar pelo ser, quando não somos – ou somos não ser –, e com isso, nos leva a sofrer ainda mais do que sofreríamos, se não tivéssemos ética nenhuma.

O sofrimento de existir é considerado melhor do que o nada de não existir. Será que é mesmo? Mas se existindo já somos esse nada? O fato intransponível que a todo custo aquela ética tenta escamotear, por não assumir com todas as suas consequências, é que nós não existimos sempre nem existiremos para sempre. Por que este que nos parece o estado normal, o de não existência, que é o estado de ser e, logo, do ser supremo, é o estado considerado excepcional e associado ao mal? Em ética, o bem não é a regra e o mal, a exceção? Estar vivo não é uma exceção? Então por que esta consideração *a priori* de que estar vivo é que é bom e não estar vivo, mal? Sofremos nessa vida e, em grande parte por isso mesmo, também fazemos outros sofrerem, quando poderíamos muito bem usufruí-la, sofrer menos, pois ela será tanto melhor se não lhe adicionarmos o sofrimento extra de buscar um modo de ser, de obediência rígida a regras universal e eternamente válidas, que pressupõe um estado de ser que nunca alcançaremos em vida, mas apenas, possivelmente, após a morte. Eis o paradoxo: a ética universalista e afirmativa não favorece a vida e, sim, o seu oposto. Daí ter Alain Badiou, afirmado que a ética é niilista, por se basear na convicção de que “a única coisa que pode verdadeiramente acontecer ao homem é a morte”, o que a remete à infabilidade do que é totalmente diverso, denominação ética de Deus, instância decisória da morte, onde se gera o mal: ética, “nome último do religioso como tal” (Badiou, 1993, p. 33 e 23).

A ética, portanto, tal como comumente entendida, se ocupa dos princípios e valores que devem nortear as ações humanas, em especial aquelas que envolvem questões morais, sociais e ambientais. A *data governance* se refere ao conjunto de normas, políticas e práticas que visam garantir a qualidade, a segurança, a legalidade e a eficiência do uso dos dados, especialmente aqueles que são gerados e processados por sistemas de inteligência artificial. Assim, tanto a ética quanto a *data governance* buscam promover o bem comum. O antípoda de uma *data governance* seria a falta de controle, qualidade, segurança e transparência dos dados, o que poderia levar a problemas como: Dados incorretos, incompletos, inconsistentes ou desatualizados, que comprometem a confiabilidade e a validade das análises e decisões baseadas neles; dados sensíveis, pessoais ou confidenciais expostos, roubados ou usados indevidamente, violando a privacidade, a ética e a legislação vigente; dados isolados, fragmentados ou inacessíveis, que dificultam a integração, a colaboração e a inovação entre diferentes áreas, equipes ou organizações; dados sem padrões, metadados, documentação ou rastreabilidade, que impedem o entendimen-

to, a interpretação e a auditoria dos dados e seus processos. Portanto, a ausência de *data governance* poderia resultar em prejuízos financeiros, operacionais, reputacionais e legais para as organizações, além de afetar negativamente o bem comum e os direitos humanos. Por isso, é importante que as organizações adotem boas práticas de *data governance* para garantir o uso ético, responsável e eficiente dos dados. A *data governance* possui um papel fundamental na gestão dos dados de uma organização, e o *data owner* é uma das figuras-chave nesse processo. O *data owner* é o profissional que possui a responsabilidade e a autoridade sobre um ou mais conjuntos de dados, assegurando que eles sejam de qualidade, seguros, legais e eficientes. Para isso, o *data owner* deve estabelecer as políticas, as regras, os padrões e os metadados dos dados que estão sob sua tutela, além de aprovar as medidas corretivas para solucionar os problemas de qualidade de dados. O *data owner* também deve levar em conta os interesses e as necessidades de todos os usuários dos dados, especialmente os titulares dos dados pessoais, que têm direitos e controle sobre os seus próprios dados. O *data owner* pode se apoiar em um ou mais “*data stewards*”, os profissionais que executam e acompanham as atividades de *data governance* no cotidiano.

O ChatGPT, por exemplo, é um chatbot que se tornou muito conhecido e um grande sucesso comercial, ao utilizar um modelo de linguagem baseado em transformadores, desenvolvido e mantido pela OpenAI, uma organização de pesquisa em inteligência artificial (IA) fundada em 2015 por personalidades como Sam Altman, Elon Musk, Peter Theil, Ilya Sutskever, Jessica Livingston, Reid Hoffman, Greg Brockman, Wojciech Zaremba e John Schulman. A OpenAI utiliza dados de várias fontes públicas e privadas, como livros, artigos, sites, redes sociais, podcasts, vídeos, jogos e outros aplicativos, para treinar e melhorar os seus modelos de linguagem, incluindo o ChatGPT. A OpenAI declara que segue princípios éticos e de governança de dados, respeitando os direitos de propriedade intelectual, privacidade e consentimento dos criadores e usuários dos dados. Porém, existem alguns desafios e controvérsias relacionados à questão da titularidade e responsabilidade dos dados e do conteúdo gerado pelo ChatGPT e outras plataformas de inteligência artificial. Note-se que dados públicos não são necessariamente de domínio público, ou seja, não podem ser usados livremente por qualquer pessoa ou entidade, sem restrições ou limitações.

Para os franciscanos, com base na regra fundamental de conduta da vida e organização da ordem que os congrega, estabelecida por seu

fundador, havia uma diferença entre ‘uso’, ‘domínio’ e ‘propriedade’: eis a “Regra de Vida” que São Francisco de Assis estabeleceu para os seus discípulos. A ideia era que eles podiam usar os recursos que precisavam para viver e para realizar a sua missão, mas não podiam possuir esses recursos. Ou seja, eles exerciam o domínio (controle) e o uso, mas não a propriedade. De modo semelhante, no âmbito da IA, os dados são frequentemente empregados para treinar modelos e fazer previsões. As empresas ou pessoas que desenvolvem esses modelos de IA possuem o domínio e o uso dos dados – elas podem determinar como os dados são empregados e podem extrair valor deles. No entanto, a propriedade dos dados muitas vezes continua sendo dos indivíduos que produziram os dados. Por exemplo, uma rede social pode ter o domínio e o uso dos dados gerados pelos seus usuários, mas em muitos casos, a propriedade desses dados ainda é dos usuários. Assim, tanto na Escola Franciscana quanto na IA, há um dilema parecido de conciliar o domínio e o uso com a propriedade. Ambos exigem uma reflexão cuidadosa sobre os direitos e deveres relacionados ao domínio, uso e propriedade, bem como uma compreensão clara das consequências éticas e práticas desses conceitos.

Uma ética quântica poderia, teoricamente, oferecer uma abordagem mais matizada do que a ética binária tradicional, de escolha entre certo e errado. Em vez disso, poderia permitir uma ética probabilística, onde as ações não são absolutamente boas ou más, mas têm diferentes probabilidades de serem éticas, dependendo do contexto. A ética quântica, um conceito fundamental, nos ajuda a entender a complexidade e a diversidade do universo normativo. Tal como a mecânica quântica, ela revela que não há uma única maneira de perceber e explicar a realidade, mas sim várias perspectivas possíveis e válidas. Nesse sentido, a ética quântica nos auxiliaria a reconhecer e respeitar as diferenças entre pessoas, culturas e formas de conhecimento. Por exemplo, a Igreja Católica cometeu um erro ao perseguir os franciscanos e seus teólogos, como Guilherme de Ockham, os quais propunham uma filosofia diferente da sua sobre a relação entre Deus e o mundo. Eles não estavam negando a fé, mas buscando novas maneiras de entender e expressar sua espiritualidade. Da mesma forma, a sociedade moderna erra ao condenar *a priori* uma IA por utilizar dados públicos para desenvolver modelos que podem trazer benefícios para a sociedade. Tal IA não está necessariamente invadindo ou desrespeitando a privacidade dos cidadãos, mas sim aproveitando as oportunidades da informação disponível para gerar conhecimento e inovação. Basicamente, é a mesma estratégia dos Franciscanos. Portanto, sem o conceito de

ética quântica, limitamos nossa capacidade de entender e transformar o mundo. Sem ela, temos que nos referir à ética como “ilógica”. Pois o que precisamos é de uma ética que possa ser “fuzzy”, mais nuançada, como a ética quântica, que embora seja muito complexa, tem sua própria lógica interna. A ética quântica pode ser comparada ao famoso experimento do gato de Schrödinger na física quântica. No experimento, um gato é colocado em uma caixa com um dispositivo que tem uma chance de 50% de matar o gato. Até que a caixa seja aberta e o estado do gato seja observado, o gato é considerado tanto vivo quanto morto – um estado de superposição. Analogamente, a ética quântica sugere que uma ação pode ser considerada tanto ética quanto não ética até que seja observada e julgada em um contexto específico. Assim como o gato no experimento de Schrödinger, a “ética” de uma ação existe em um estado de superposição até que seja medida.

No entanto, é importante notar que, enquanto a física quântica lida com probabilidades objetivas, que podem ser calculadas, a ética quântica lida com julgamentos subjetivos, que podem variar bem mais, dependendo do observador. Portanto, embora a analogia seja útil para entender o conceito, a ética quântica e a física quântica são fundamentalmente diferentes em muitos aspectos. Uma analogia entre a ética quântica e a Deep Web também pode ser esclarecedora, posto que ambas apresentam uma multiplicidade de possibilidades que só se concretizam quando observadas. A Deep Web, sendo a parte da internet que não é indexada pelos motores de busca padrão, abriga uma variedade de informações com diferentes aplicações e implicações. Semelhante à ética quântica, onde uma ação pode ser interpretada como ética ou não, dependendo do contexto e do observador, a Deep Web pode ser vista como uma fonte de conhecimento ou de perigo, dependendo de quem a acessa e de como a usa. No entanto, essa analogia também sugere uma responsabilidade ética ao navegar na Deep Web. Assim como na ética quântica, onde as consequências morais e sociais das ações devem ser consideradas, na Deep Web é preciso estar ciente dos riscos legais e pessoais que podem surgir. A Deep Web não é apenas um espaço de liberdade e anonimato, mas também pode ser um espaço de atividades ilegais e prejudiciais. Portanto, é essencial ter um senso crítico e uma consciência ética ao acessar e utilizar as informações da Deep Web.

Um dos desafios ao treinar na Deep Web um Grande Modelo de Linguagem (*Large Language Model*, LLM), como o que emprega o ChatGPT, é assegurar a qualidade e a confiabilidade dos dados. A Deep Web

contém muitos dados não estruturados, não padronizados e não verificados, o que pode impactar negativamente o desempenho do modelo. Além disso, a Deep Web pode conter dados tendenciosos, enganosos ou mal-intencionados, que podem comprometer a ética e a segurança do modelo. Portanto, é essencial ter métodos eficazes de pré-processamento, filtragem e validação dos dados antes de usá-los para treinar o LLM. Outro desafio é lidar com as questões legais e regulatórias envolvidas no acesso e uso dos dados da Deep Web. A Deep Web pode conter dados protegidos por direitos autorais, privacidade ou outras leis, que podem restringir ou proibir o seu uso para fins de pesquisa ou comerciais. Além disso, a Deep Web pode expor o LLM a conteúdos ilegais ou prejudiciais, que podem colocar em risco a reputação e a responsabilidade dos pesquisadores e desenvolvedores do modelo. Portanto, é necessário ter um rigoroso consentimento informado, uma clara atribuição de propriedade e responsabilidade e uma forte proteção de dados ao treinar um LLM na Deep Web. É que aí se adentra um território sombrio, comparável àqueles dos tempos mais sombrios da história da humanidade.

E aqui a discussão há de se fazer também envolvendo o Direito e o reverso dessa medalha, que é a política, bem como a entidade que formam, reunidos, que é o Estado, com destaque para o Estado legislativo parlamentar, assentado em pressupostos democráticos, como se pretendeu construir na Europa, sendo a República de Weimar, no período de entreguerras, na Alemanha, talvez o mais significativo experimento histórico de realiza-lo – e aquele cujo fracasso teve as consequências mais catastróficas, perdurando até o momento, para a humanidade em seu conjunto, a saber, a II Guerra Mundial, e tudo o mais que daí adveio, sob a influência do que ainda vivemos, nas crises atuais. É o que resulta, como protestava na época autores como Carl Schmitt (1971, 1985), de nos contentarmos com a predominância da lei, sendo ela resultado da vontade popular, expressa através de seus representantes, seria ela, só por isso, boa e racional, legítima. Aqui Schmitt vai apontar uma série de pressupostos, de difícil comprovação, bem como uma série de incoerências. Um desses pressupostos é o de que o povo é bom (*das Volk ist gut*), e que por isso sua vontade seria suficiente para atingir tudo o mais, inclusive a racionalidade da legislação, além de sua justiça e correção (Schmitt, 1971, p. 37). Outro pressuposto é o da unidade, homogeneidade e harmonia da vontade popular. O pior, no entanto, é a incoerência de se pretender aferir essa vontade aritmeticamente, computando os votos de seus representantes, bastando que a metade mais um deles se reúna, momentaneamente,

em torno de uma posição para que ela prevaleça como aquela que corresponde à vontade de todos, devendo se impor como lei. Diante dessa lei, uma vez posta, a posição do estudioso – de acordo com o modelo positivista legalista que é o correlato teórico da posição político-ideológica em que se ampara o Estado (liberal) de Direito –, bem como dos que a vão aplicar, como cidadãos, juízes ou administradores, deve ser de neutralidade, neutralidade diante de seu conteúdo, se, por exemplo, é justo ou injusto, pois esse conteúdo já foi determinado por quem de direito, com o que se abre a possibilidade de tiranos e, mesmo, criminosos se valerem das leis para atingirem seus objetivos – basta, para isso, confundi-los com os objetivos da maioria que faz as leis.

A situação se torna ainda mais dramática, segundo Schmitt, quando se tenta suprir essa deficiência da legislação, adotando um *quorum* qualificado para que se tome certas decisões, a exemplo daquelas que afetam o próprio fundamento da ordem jurídica e política, como é o caso das decisões sobre a reforma da Constituição.

O que se verifica, assim, é uma perspectiva de a qualquer tempo se ver rompida a normalidade funcional do Estado legislativo, posto que à atividade do legislador ordinário sempre se poderia contrapor uma alteração por via extraordinária. Além disso, a existência de uma ordem material de valores consagrada normativamente, no plano constitucional, como na segunda parte da Constituição de Weimar, a exemplo do que ocorre na nossa atual Constituição, por toda ela, na forma da consagração ampla de direitos e garantias fundamentais, somada à possibilidade dessa ordem vir a ser alterada, para introduzir novos princípios consagrando outros tantos direitos e garantia dessas, por cláusulas gerais e indeterminadas, resulta em transferência de um grande poder de decisão aos demais poderes estatais, ou seja, para o judiciário, a administração de um modo geral e, especificamente, ao governo, quando da aplicação do direito, o que sempre se dá através de algum *processo*. É para tais processos, então, que devemos voltar nossa atenção, cientes de que seus resultados são imprevisíveis, mas deveriam ser controláveis.

Os princípios jurídicos fundamentais, dotados também de dimensão ética e política, apontam a direção que se deve seguir para tratar de qualquer ocorrência de acordo com o Direito em vigor, caso ele não contenha uma regra que a refira ou que a discipline suficientemente. A aplicação desses princípios, contudo, envolve um esforço muito maior do que a aplicação de regras, onde uma vez verificada a identidade do fato ocorrido com aquele previsto por alguma delas, não resta mais o que fazer, para se

saber o tratamento que lhe é dispensado pelo Direito. Já para aplicar as regras, é preciso haver um procedimento, para que se comprove a ocorrência dos fatos sob os quais elas deverão de incidir. A necessidade de se ter um procedimento torna-se ainda mais aguda quando se trata da aplicação de princípios, pois aí a discussão gira menos em torno de fatos do que de valores, o que requer um cuidado muito maior para se chegar a uma decisão fundamentada objetivamente.

Em sendo assim, é de se esperar que, na medida em que aumenta a frequência com que se recorre a princípios para solução de problemas jurídicos, cresce também a importância daqueles ramos do Direito ocupados em disciplinar os procedimentos, sem os quais não se chega a um resultado aceitável, ao utilizar um meio tão pouco preciso e vago de ordenação da conduta, como são os princípios. Isso significa também que a determinação do que é conforme ao Direito passa a depender cada vez mais da situação concreta em que aparece esse problema, o que beneficia formas de pensamento pragmáticas, voltadas para orientar a ação daqueles envolvidos na tomada de uma decisão. Procedimentos são séries de atos ordenados com a finalidade de propiciar a solução de questões cuja dificuldade e/ou importância requer uma extensão do lapso temporal, para que se considerem aspectos e implicações possíveis. Dentre os procedimentos regulados pelo Direito, podem-se destacar aqueles que envolvem a participação e a influência de vários sujeitos na formação do ato final decisório, reservando-lhes a denominação técnica de “processo”.

De uma perspectiva estrutural, partindo daquela distinção, já corriqueira, entre normas jurídicas que são regras daquelas que são princípios, distinção essa elaborada em sede de teoria do direito a partir de trabalhos de autores contemporâneos como Karl Larenz, Josef Esser, Ronald Dworkin e Robert Alexy, pode-se, então, afirmar, que normas substancialmente constitucionais têm a estrutura de princípios, com a qual se consagra, explícita ou implicitamente, valores, no plano positivo do direito, conferindo-lhes, assim, natureza deontica diferenciada daquela que possuem enquanto determinações absolutas, como o são, em uma ordem ética, religiosa ou ideológica qualquer, os valores.

A Constituição em sentido processual corresponderia à dinâmica jurídica, para recorrer a uma categoria kelseniana, introduzida na sua obra fundamental *Teoria Pura do Direito*, como a parte da teoria do direito que tem por objeto o processo do direito (*Rechtsprozeß*), na qual se estuda o direito em movimento, sendo produzido e aplicado, através de condutas que, obedecendo normas, resultam em outras normas. Daí ainda hoje o

modelo mais sofisticado de figuração da ordem jurídica, proposto por Alexy em sua *Teoria dos Direitos Fundamentais*, distinguir três níveis, a saber, o dos princípios, o das regras e o dos procedimentos. É neste último nível em que os valores, consagrados positivamente ao nível dos princípios, e qualificadores, ainda que em graus diversos de generalidade e abstração, dos fatos previstos normativamente pelas regras, resultam vertidos em novas normas, aptas a incidirem em determinadas situações concretas, conformando-as juridicamente. O aspecto processual da Constituição, portanto, está para a Constituição em sentido substancial, recorrendo a uma maneira metafórica de se expressar, assim como a fisiologia de um corpo está para a sua anatomia.

Assim sendo, considerando serem os direitos fundamentais o conteúdo essencial de uma Constituição como, a exemplo da que temos atualmente, as que se apresentam para fundar um Estado Democrático de Direito, conteúdo este ao qual se agrega a condizente organização institucional do Estado e da sociedade civil, para que se tenha, tudo somado, a Constituição em sentido substancial, então tem-se que as garantias constitucionais integrariam a Constituição em sentido processual. São essas garantias, tanto aquelas ditas garantias fundamentais, por garantirem direitos igualmente fundamentais, seja do ponto de vista formal, seja daquele substancial, como também as chamadas garantias institucionais, aquelas denominadas na doutrina alemã, em uma terminologia que remonta à *Teoria da Constituição* de Carl Schmitt, *Einrichtungsgarantien*, as de ordem pública e as garantias de instituições (*Institutsgarantien*), da ordem privada, a exemplo da família, do ensino, da imprensa etc.

A constituição é vista por Peter Häberle (1997), em estudo já clássico, como processo, aberto para a participação pluralística dos representantes das mais diversas interpretações. A concepção da ordem constitucional como um processo, no qual se inserem os defensores de interpretações diversas no momento de concretizá-la, e não como ordem já estabelecida, vem se mostrando como uma nova orientação em filosofia do direito, mais consentânea com o modo atual de se conceber o próprio conhecimento, de bases científicas. É que estas bases foram abaladas e substituídas pelas revoluções que superaram na matemática e na física o modo tradicional de figuração do espaço, remontando à geometria euclidiana, refinada pela analítica cartesiana e corroborada pelos resultados obtidos de sua aplicação no estudo da natureza, desde Copérnico até culminar em Newton, passando por Galileu, o que suscitou a conhecida formulação de Thomas Kuhn, sobre a substituição de paradigmas científicos.

Aqui, vem referida uma noção de importância capital na epistemologia contemporânea: aquela de “paradigma”, cunhada por Thomas S. Kuhn, em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*, de 1962. O paradigma de uma ciência pode ser definido, primeiramente, como o conjunto de valores expressos em regras, tácita ou explicitamente acordadas entre os membros da comunidade científica, para serem seguidas por aqueles que esperam ver os resultados de suas pesquisas – e eles próprios – levados em conta por essa comunidade, como contribuição ao desenvolvimento científico. Além disso, integra o paradigma uma determinada concepção geral sobre a natureza dos fenômenos estudados por dada ciência, bem como sobre os métodos e conceitos mais adequados para estudá-los – em suma: uma teoria científica aplicada com sucesso, paradigmaticamente. Por essa caracterização, percebe-se a conotação normativa que tem a noção de paradigma, donde se explica o fato, apontado por Kuhn, de que os paradigmas, tal como outras ordens normativas, entrem em crise, rompam-se por meio de “revoluções”, quando não se consegue, a partir deles, explicar certas anomalias, o que ocasiona sua substituição por algum outro. O exemplo típico é o da substituição, na física, no paradigma mecanicista de Copérnico, Galileu, Giordano Bruno, Newton etc., por aquele relativista de Albert Einstein, Max Planck, Niels Bohr, Werner Heisenberg etc.

Daí ter Edmund Husserl, de sua perspectiva fenomenológica, alertado para o caráter restritivo do conhecimento obtido pelo formalismo científico, apesar de sua indubitável eficácia, consubstanciando-se em ameaça ao “mundo comum da vida” (*Lebenswelt*), assim como Gaston Bachelard, na França, ao mesmo tempo em que, refletindo sobre a nova cientificidade oriunda dos avanços da física relativística e quântica, apontava o seu caráter aproximativo, em um processo inesgotável de acercamento das descobertas, alertando, também, para a necessidade de se complementar os rigores do método científico com a liberdade criativa da imaginação poética. É essa nova ciência, processual e, por isso também, aberta, que se nos afigura homóloga à concepção aqui esposada, sobre a importância de se reconhecer um sentido processual à constituição e da dimensão processual do Direito que nela se assenta, para que assim ela se preste, cada vez mais, a ser o fundamento adequado, por dinâmico ao invés de estático, para uma ordem jurídica que se faz e refaz a cada dia, praticamente a cada momento em que é aplicada, com a possibilidade de se ir aperfeiçoando enquanto instrumento de inclusão dos que a ela se sujeitam, permanecendo sujeitos dotados da dignidade

de seres autoconscientes – inclusive novos sujeitos que já despontam, os artefatos tecnológicos dotados de modelos mais avançados de linguagem (LLM). É de todo conveniente o emprego de novas categorias em estudos que levam em conta a complexidade da realidade estudada, ainda mais considerando que ela não existe para nós independentemente de nossa observação dela. Só assim poderemos, igualmente, enfrentar melhor as questões éticas e jurídicas com que nos defrontamos em um mundo que a ciência vem, ao mesmo tempo, revelando e tornando mais complexo, ao nele intervir. Isso quer dizer, em termos sucintos, que se postula dever ser este um instrumento de promoção do aperfeiçoamento democrático do poder e do saber. Há, portanto, desta perspectiva aqui defendida, uma epistemologia que favorece a adoção de valores mais condizentes com o pluralismo democrático, fórmula política mais respeitosa à dignidade dos seres humanos, tendo tal epistemologia sua adoção favorecida, no campo jurídico, por uma concepção processual da constituição e do Direito que nela se baseia, assim como o desenvolvimento deste Direito é fomentado por semelhante teoria da ciência jurídica.

Nossa compreensão do quanto o Estado Democrático de Direito depende de procedimentos, não só legislativos e eleitorais, mas especialmente aqueles judiciais, para que se dê sua realização, aumenta na medida em que precisemos melhor o conteúdo dessa fórmula política.

Historicamente, poder-se-ia localizar o seu surgimento nas sociedades europeias recém-saídas da catástrofe da II Guerra Mundial, que representou a falência tanto do modelo liberal de Estado de Direito, como também das fórmulas políticas autoritárias que se apresentaram como alternativa. Se em um primeiro momento observou-se um prestígio de um modelo social e, mesmo, socialista de Estado, a fórmula do Estado Democrático se firma a partir de uma revalorização dos clássicos direitos individuais de liberdade, que se entende não poderem jamais ser demasiadamente sacrificados, em nome da realização de direitos sociais. O Estado Democrático de Direito, então, representa uma forma de superação dialética da antítese entre os modelos liberal e social ou socialista de Estado. Nessa perspectiva, tem-se a influente obra de Elíaz Díaz, *Estado de Derecho y sociedad democrática*, bem como a monografia, bem anterior, já clássica na literatura política e constitucional em nosso País, de Mestre Paulo Bonavides, *Do Estado Liberal ao Estado Social* (2013).

Em sendo assim, tem-se o compromisso básico do Estado Democrático de Direito na harmonização de interesses que se situam em três esferas fundamentais: a esfera pública, ocupada pelo Estado, a esfera pri-

vada, em que se situa o indivíduo, e um segmento intermediário, a esfera coletiva, em que se tem os interesses de indivíduos enquanto membros de determinados grupos, formados para a consecução de objetivos econômicos, políticos, culturais ou outros.

Há quem veja na projeção atual desses grupos, no campo político e social, como um dos traços característicos da pós-modernidade, quando então as ações mais significativas se deveriam a esses novos sujeitos coletivos, e não a sujeitos individuais ou àqueles integrados na organização política estatal. Indubitavelmente, o problema básico a ser solucionado por qualquer constituição política contemporânea não pode mais ser captado em toda sua extensão por aquela formulação clássica, onde se tinha um problema de delimitação do poder estatal frente ao cidadão individualmente considerado. Hoje entidades coletivas demandam igualmente um disciplinamento de sua atividade política e econômica, de modo a que possam satisfazer o interesse coletivo que as anima, compatibilizando-o com interesses de natureza individual e pública, com base em um “princípio de proporcionalidade”. Aqui não é o local para explorar em toda sua extensão as propriedades teóricas – e práticas – desse princípio. Em estudos que realizamos anteriormente, que supomos amplamente divulgados e conhecidos, evidenciou-se, por exemplo, que aquele princípio pode ser considerado algo assim como o “princípio dos princípios”, de husserliana memória, uma vez que é a ele, em última instância, que se recorre para resolver, em “casos difíceis” (*hard cases*), o conflito entre diversos valores e interesses, expressos em outros princípios fundamentais da ordem jurídica. Isso porque o princípio da proporcionalidade é capaz de dar um “salto hierárquico” (*hierarchical loop*), ao ser extraído do ponto mais alto da “pirâmide” normativa para ir até a sua “base”, onde se verificam os conflitos concretos, validando as normas individuais ali produzidas, na forma de decisões administrativas, judiciais etc. Essa forma de validação é tópica, permitindo atribuir um significado diferente a um mesmo conjunto de normas, a depender da situação a que são aplicadas. É esse o tipo de validação requerida nas sociedades hipercomplexas da pós-modernidade – ou, se preferirmos, para evitar o desgaste desse significante, o “pós-moderno”, podemos falar em “sociedades hipermodernas”, ou em uma só sociedade hipermoderna, a sociedade mundial, a sociedade da comunicação em rede. Nela se misturam criação (legislação) e aplicação (jurisdição e administração) do Direito, tornando a linearidade do esquema de validação kelseniano pela referência à estrutura hierarquicamente escalonada do ordenamento jurídico em circularidade, com o imbrica-

mento de diversas hierarquias normativas, as *tangled hierarchies* da teoria sistêmica. Concretamente, isso significa que assim como uma norma ao ser aplicada mostra-se válida pela remissão a princípios superiores, esculpidos na Constituição, esses princípios validam-se por serem referidos na aplicação daquelas normas. É o princípio da proporcionalidade, portanto, que permite realizar o que os norte-americanos chamam *balancing* de interesses e bens. A mesma ideia de sopesamento, ponderação, é expressa pela *Abwägung* dos alemães. E isso porque, para solucionar as colisões entre interesses diversos de certas coletividades entre si e com interesses individuais ou estatais, tão variadas e imprevisíveis em sua ocorrência, não há como se amparar em uma regulamentação prévia exaustiva, donde a dependência incontornável de procedimentos para fazer incidir o princípio da proporcionalidade, regulando o conflito de princípios, para atingir, assim, as soluções esperadas.

Compreende-se, então, como o centro de decisões politicamente relevantes, no Estado Democrático contemporâneo, sofre um sensível deslocamento do Legislativo e Executivo em direção ao Judiciário. O processo judicial que se instaura mediante a propositura de determinadas ações, especialmente aquelas de natureza coletiva e/ou de dimensão constitucional – ação popular, ação civil pública, mandado de injunção etc. – torna-se um instrumento privilegiado de participação política e exercício permanente da cidadania. Especial atenção merece, assim, o problema do estabelecimento de formas de participação suficientemente intensiva e extensa de representantes dos mais diversos pontos de vista a respeito da questão a ser decidida no âmbito de ações constitucionais.

Isso significa, então, que o procedimento com as garantias do “devido processo legal” (*due process of law*) – i. e., do amplo debate, da publicidade, da igualdade das partes etc. – se torna instrumento do exercício não só da função jurisdicional, como tem sido até agora, mas sim das demais funções do Estado também, e igualmente nas instituições sociais, inclusive empresas, que necessitam produzir decisões jurídica e eticamente responsáveis.

A procedimentalização (*Prozeduralisierung*) do Direito, de que nos fala Rudolf Wiethölter (1968, 1989) já desde meados da década de 1980, se mostra como a resposta adequada ao desafio principal do Estado Democrático de Direito, de atender as exigências sociais garantindo a participação e liberdade dos indivíduos, pois não se impõem medidas sem antes estabelecer um espaço público para sua discussão, pela qual os interessados deverão ser convencidos da conveniência de se perseguir certo

objetivo e da adequação dos meios a serem empregados para atingir essa finalidade. Com afirmar isso, somos remetidos ao princípio da proporcionalidade.

Isso porque defendemos a natureza de uma garantia fundamental – a “mais fundamental”, se quisermos forçar um pouco a linguagem para expressar-nos melhor – à situação jurídica subjetiva derivada da norma, com natureza de princípio, consagrando a máxima da proporcionalidade, visto que sem tal princípio e a garantia correspondente não se resolve adequadamente e, mais que isso, na devida proporção os conflitos entre princípios jurídicos, consagradores de valores e direitos fundamentais, a serem minimamente respeitados, sob pena de violação da dignidade humana, pondo abaixo o Estado Democrático de Direito.

A ideia da “procedimentalização” (Wiethölter, 1989), que de último tem sido debatida entre nós referida por termo alheio ao vernáculo, “proceduralização” (*sic!*), a entendemos congenial à tese de Luhmann da “legitimidade pelo procedimento” e pode muito bem ser entendida como um “chamado à responsabilidade judicial” (Drucilla Cornell, 1992), e não como um decisionismo schmittiano, em que manifestações do poder se autolegitimam por emanar suas decisões de um procedimento, não importando seu conteúdo.

Quanto à natureza jurídica da proporcionalidade, nesse contexto, entendemos que se consagra em norma possuindo uma natureza tríplice – ou duplamente dúplice – por ser norma material de natureza dúplice, a de princípio e a de regra – regra enquanto subsume o conflito de princípios para solucioná-lo –, mas também por não ser só norma material, a que veda a violação do núcleo essencial dos direitos fundamentais, pelo excesso no favorecimento de outros direitos ou interesses, pois é igualmente processual, ao consagrar um procedimento para sua própria aplicação. E esta norma agasalha ou consagra uma garantia fundamental, derivada da cláusula do devido processo legal. Além disso, dela deriva – ou a ela se relaciona – um cânone ou critério de interpretação especificamente constitucional, dito da concordância prática, da harmonização ou “cedência recíproca”.

A proporcionalidade, portanto, remete a princípio jurídico cujas origens radicam no processo de afirmação concreta dos direitos fundamentais, no bojo de um novo constitucionalismo.

Historicamente, pode-se localizar o surgimento do princípio da proporcionalidade, como princípio constitucional, nas sociedades europeias, pós II Guerra Mundial, representando a falência tanto do modelo liberal

de Estado de Direito, como também das fórmulas políticas autoritárias que se apresentaram como alternativa. E em um segundo momento, também do modelo social e, mesmo, socialista de Estado. O Estado Democrático de Direito, então, representa uma forma de superação dialética da antítese entre os modelos liberal e social ou socialista de Estado. Em sendo assim, tem-se o compromisso básico do Estado Democrático de Direito na harmonização de interesses da esfera pública, ocupada pelo Estado, da esfera privada, em que se situa o indivíduo, e um segmento intermediário, da esfera coletiva, em que se têm os interesses de indivíduos enquanto membros de determinados grupos.

É certo que a ideia subjacente à “proporcionalidade”, de uma limitação do poder estatal em benefício da garantia de integridade e melhoria, física e moral, dos que lhe estão sub-rogados, confunde-se em sua origem, como é fácil perceber, com o nascimento do moderno Estado de direito, respaldado em uma constituição, em um documento formalizador do propósito de se manter o equilíbrio entre os diversos poderes que formam o Estado e o respeito mútuo entre os indivíduos a ele submetidos, a quem são reconhecidos certos direitos fundamentais inalienáveis. Daí ter se referido ao princípio da proporcionalidade Paulo Bonavides como “antiquíssimo” (Bonavides, 1994, p. 362).

Há na modernidade a necessidade crescente de procedimentalização e mesmo do princípio da proporcionalidade, lastreado nela ou até equiparável à ideia de Justiça, o explicaria sua natureza multidimensional, carregando em si as características de ser um procedimento, com carga, portanto processual, como também sendo regra e princípio sucessivamente, estando no topo da hierarquia jurídica, no topo da pirâmide normativa, e ao mesmo tempo descendo à sua base quando de sua aplicação para solução dos conflitos envolvendo direitos fundamentais. Há uma correspondência lógica, pois, entre a cláusula do devido processo legal e a observância de um procedimento adequado, portanto, contrário ao subjetivismo, causador da insegurança jurídica.

Sobre a necessidade do princípio da proporcionalidade, no sentido de obter “legitimidade pelo procedimento” (Luhmann, 2001), é de se ressaltar a importância crescente do papel da magistratura, e a influência decisiva, em nossa sociedade hipercomplexa, de leis processuais, de procedimentos, possuindo até mesmo normas das Constituições a natureza de normas processuais. Destaca-se que a legislação apenas é insuficiente para o tratamento judicial satisfatório de questões na modernidade, com seu elevado grau de novidade, e que, já por isso, não contam com previ-

sões que as regulem satisfatoriamente pelo ordenamento jurídico. Daí a necessária ênfase na importância crescente das leis processuais e de procedimentos, na linha do que o já mencionado teórico do direito frankfurtiano Rudolf Wiethölter qualificou como “procedimentalização”, exercendo assim grande influência em outro frankfurtiano, Jürgen Habermas (2023), em suas incursões na filosofia jurídica, amparado na concepção de ética discursiva, a que antes também se fez aqui referência. Relaciona-se, igualmente, a Rawls, em sua postulação acerca da exigência de um procedimento isento, ou seja, da ponderação como *fairness*, na busca da realização da Justiça.

Deve-se, então, passar a uma consideração contextualizada, caso a caso, pois como diria Rawls, o melhor que podemos fazer pelo direito é assegurar um procedimento isento, de modo a alcançar decisões aptas a equalizar todos os interesses e/ou valores em conflito. Isto ocorre principalmente pela “ponderação” (*Abwägung*) destes interesses e/ou valores – sendo para o Andrea Morrone (2014) os interesses associados à realidade do direito enquanto os valores seriam à sua idealidade, restando a meio caminho entre eles os princípios – de acordo com o “princípio da proporcionalidade” (*Grundsatz der Verhältnismäßigkeit*), tal como apontado por Karl-Heinz Ladeur (1984), em sua concepção teórica do direito por ele mesmo qualificada de pós-moderna, a qual, nesse ponto, endossamos e procuramos desenvolver.

Destaca-se a característica única do princípio dos princípios, o da proporcionalidade, já que todos os demais princípios são relativos, de ser absoluto, essencial em nossa sociedade que vive uma condição pós-moderna (Jean-François Lyotard, 1979), em um mundo altamente complexo, onde o risco e a complexidade aumentam. Daí sua propriedade de propiciar o *loop* hierárquico de Hofstadter, conforme referido, bem como por possuir essa grande carga procedimental, na medida em que se desdobra em três subprincípios, antes referidos como “testes”, fornecendo com eles um método racional, na forma de um procedimento para sua aplicação.

Trata-se de uma perspectiva epistemológica “democrática”, popular, includente, pois se pauta na promoção de um amplo debate para incluir o maior número de posições, ou seja, a legitimidade do direito passa a depender, sobretudo, dos procedimentos que institui (e, correlativamente, o instituem), tanto quanto seus resultados precisam coincidir com um dos possíveis conteúdos dos seus princípios e demais normas, para estar de acordo com valores básicos tais como racionalidade, participação demo-

crática, pluralismo ou eficiência econômica, que são já perseguidos no momento mesmo em que são instituídos os procedimentos.

Tem-se que com o princípio da proporcionalidade se pode realizar uma validação tópica, uma vez que ele é capaz de dar um “salto hierárquico” (o *hierarchical loop* de Hofstadter), ao ser extraído do ponto mais alto da “pirâmide” normativa para ir até a sua “base”, onde se verificam os conflitos concretos, validando as normas individuais ali produzidas, na forma de decisões administrativas, judiciais etc. Isso porque permite atribuir um significado diferente a um mesmo conjunto de normas, a depender da situação a que são aplicadas. É esse o tipo de validação requerida nas sociedades hipercomplexas da pós-modernidade, que se conectam na (e à) sociedade mundial. Nela(s) se misturam criação (legislação) e aplicação (jurisdição e administração) do Direito, tornando a linearidade do esquema de validação kelseneano pela referência à estrutura hierarquicamente escalonada do ordenamento jurídico em circularidade, com o imbricamento de diversas hierarquias normativas, as *tangled hierarchies*, ou seja, hierarquias imbricadas (heterarquicamente, pode-se dizer) teorizadas, notoriamente, por Hofstadter, na figura do *strange loop* (Hofstadter, 1980). Concretamente, isso significa que assim como uma norma, ao ser aplicada mostra-se válida pela remissão a princípios superiores, insculpidos na Constituição, esses princípios validam-se por serem referidos na aplicação daquelas normas. Fecha-se, assim, autopoietica e circularmente, o Direito. E mais, adota-se uma gramática mais atualizada com os desenvolvimentos da física, o que requer que concebamos a curvatura do espaço constitucional, como propõe Laurence H. Tribe (1991, p. 169). – A extensão da abordagem quântica às ciências sociais vem sendo feito, de último, com entusiasmo, por Andrei Khrennikov e entusiastas que se reúnem em torno dele e seu trabalho (ver Haven; Khrennikov, 2017; Plotnitsky; Haven, 2023). No direito, vale lembrar o pioneirismo de Goffredo Telles Jr. (1971).

Portanto, o princípio da proporcionalidade em sentido estrito é uma restrição à relatividade absoluta de todos os princípios, o que nos permite entendê-lo como “princípio absoluto”, único princípio com tal natureza, diferenciando-se assim dos demais princípios, para poder harmonizá-los, enquanto “princípio dos princípios”, já que é da natureza do princípio justamente sua relatividade, ao contrário dos valores, que são absolutos, no âmbito das ideologias em que se inserem, assim como as normas que são regras, aplicadas na base do “tudo ou nada”. Sua natureza de princípio absoluto decorre do fato de sua inafastabilidade em todos os casos

de conflito de direitos fundamentais e humanos, bem como, pelo fato de que este sai do alto da pirâmide do ordenamento jurídico, como norma fundamental que é, para baixo, para a base deste ordenamento jurídico, aplicando-se aos casos concretos, estejam *sub judice* ou (ainda) não.

Somente com o princípio da proporcionalidade (*Grundsatz der Verhältnismäßigkeit*) e sua “ponderação” ou sopesamento (*Abwägung*) é possível se realizar tal exigência de uma consideração contextualizada, caso a caso, assegurando-se um procedimento isento, de modo a alcançar decisões aptas a equalizar todos os interesses e/ou valores em conflito, trazendo harmonia e uma solução segura e justa, ante as múltiplas possibilidades de solução. E isso significa não transgredir a proibição de excesso que ele determina, excesso de ação (*Übermaßverbot*) e de inação (*Untermaßverbot*). Para dizer em termos clássicos, do que se trata é observar a justa medida, o *metron*, assim evitando a *hybris*, o pior que se podia fazer, segundo os antigos gregos, acarretando consequências terríveis. É a busca do caminho do meio, para expressar em termos aristotélicos, como também budistas, perspectiva que se encontra similar no confucionismo e nas mais diversas sabedorias de todas as épocas e latitudes. Eis a que haverá de se prestar também ao enfrentamento, na atualidade e futuramente, dos problemas ocasionados pelo avanço das tecnologias de inteligência artificial.

## Referências

BADIOU, Alain. *L'éthique: Essai sur la conscience du mal*. Paris: Hatier, 1993.

BONAVIDES, Paulo. *Curso de direito constitucional*, 5. ed. São Paulo: Malheiros, 1994.

Bonavides, Paulo. *Do estado liberal ao estado social*. São Paulo: Malheiros, 2013.

CABRERA, Júlio. *Projeto de ética negativa*. São Paulo: Mandacaru/Graphbox, 1990.

HABERMAS, Jürgen. *Faktizität und Geltung: Beiträge zur Diskurstheorie des Rechts und des demokratischen Rechtsstaats*. 8. ed. Frankfurt/Main: Suhrkamp, 2023.

HAVEN, Emmanuel; KHRENNIKOV, Andrei (org.). *The Palgrave handbook of quantum models in social science: Applications and grand challenges*. London: Palgrave Macmillan, 2017.

- HOFSTADTER, Douglas R. *Gödel, Escher, Bach: An eternal golden braid*. New York: Vintage, 1980.
- KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução Beatriz Vianna Doeira e Nelson Boeira, 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 1970.
- LADEUR, Karl-Heinz. „Abwägung“ – ein neues Paradigma des Verwaltungsrechts: Von der Einheit der Rechtsordnung zum Rechtspluralismus. Frankfurt/Main: Campus, 1984.
- LUHMANN, Niklas. *Legitimation durch Verfahren*. 6. ed. Frankfurt/Main: Suhrkamp, 2001.
- LYOTARD, Jean-François. *La condition postmoderne: rapport sur le savoir*. Paris: Minuit, 1979.
- MORRONE, Andrea. *Il bilanciamento nello Stato Costituzionale*. Torino: Giappichelli, 2014.
- OLIVEIRA, Manfredo Araújo de. *Correntes fundamentais da ética contemporânea*. Petrópolis: Vozes, 2000.
- PLOTNITSKY, Arkady; HAVEN, Emmanuel (eds.). *The quantum-like revolution: A festschrift for Andrei Khrennikov*. Cham: Springer, 2023.
- SCHMITT, Carl. *Legalidad y legitimidad*. Tradução José Díaz García. Madrid: Aguilar, 1971.
- SCHMITT, Carl. Legalität und Legitimität. In: SCHMITT, C., *Verfassungsrechtliche Aufsätze*. Berlin: Duncker & Humblot, 3. ed., 1985.
- TELLES JR., Goffredo da Silva. *O direito quântico*. São Paulo: Max Limonad, 1971.
- TRIBE, Laurence H. The curvature of constitutional space: What lawyers can learn from modern physics. In: BECKER, Theodore L. (ed.). *Quantum politics: Applying quantum theory to political phenomena*. New York: Praeger, 1991.
- WIETHÖLTER, Rudolf. *Rechtswissenschaft*. Frankfurt/Main, 1968.
- WIETHÖLTER, Rudolf. Proceduralization of the category of law. In: JOERGES, Christian; TRUBEK, David M. (eds.). *Critical legal thought: An American-German debate*. Baden-Baden: Nomos, 1989, p. 501–510.

# Consciência quântica: uma análise baseada na irreversibilidade

Marcelo Moreira Santos<sup>1</sup>

**Resumo:** Nos últimos anos, com os avanços da Inteligência Artificial e do Machine Learning, tem havido um interesse renovado pelo tema da consciência. Nosso objetivo neste artigo é refletir sobre esse assunto a partir de uma perspectiva quântica. Assim, apoiados nas reflexões de Ilya Prigogine, Edgar Morin e Jorge de Albuquerque Vieira, juntamente com a Filosofia e Semiótica de Charles Sanders Peirce (1839-1914), pretende-se observar a consciência como fruto do não equilíbrio, da assimetria do tempo e, portanto, da irreversibilidade. Ao final, concluímos que é a partir das rupturas causadas pelas experiências da vida que a consciência se refaz em um continuum semiótico cuja finalidade é inerente à sua auto-feno-geno-organização, ou seja, encontrar sua nova estabilidade no não equilíbrio. Acima de tudo, em sua expressividade, a consciência nunca deixa de ser uma forma de arte.

**Palavras-chave:** consciência, quântico, irreversibilidade, semiótica, complexidade.

---

<sup>1</sup> PhD in Communication and Semiotics. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3746-4805>. –  
E-mail: [mcloms@gmail.com](mailto:mcloms@gmail.com).

## **Quantum consciousness: An analysis based on irreversibility**

**Abstract:** In recent years, with the advances in artificial intelligence and machine learning, there has been a renewed interest in the subject of consciousness. Our aim in this article is to reflect on this subject from a quantum perspective. Based on the reflections by Ilya Prigogine, Edgar Morin and Jorge de Albuquerque Vieira, together with the philosophy and semiotics of Charles Sanders Peirce (1839-1914), the aim is to observe consciousness as the fruit of erraticism, non-equilibrium, the asymmetry of time and, therefore, irreversibility. In the end, we conclude that it is from the ruptures caused by life's experiences that consciousness remakes itself in a semiotic continuum whose purpose is inherent to its self-pheno-geno-organization, that is, finding its new stability in nonequilibrium. Above all, in its expressiveness, consciousness never ceases to be a form of art.

**Keywords:** consciousness; quantum; irreversibility; semiotics; complexity.

In recent years, with advances in the field of artificial intelligence and machine learning (Russell, 2019; Wooldridge, 2021), there has been renewed interest in the subject of consciousness. With each advance in the development of these so-called ‘intelligent’ tools, there is always the question: when will we see these ‘machines’ become conscious? It seems natural to conclude that this path is becoming more tangible every day, closer to us, as if crossing this border between data processing – computing – and self-reflection – dialogue – were a path based on a coherent and orderly linearity.

In the recent book *Metazoa: Animal Life and the Birth of the Mind* (2020) by Peter Godfrey-Smith, the author surveys the species that, over time, have demonstrated degrees of intelligence in ways that are sometimes so specific to different environments that it is possible to say that the faculty of intelligence is something that is not exclusive to homo sapiens, but quite the opposite. This quality spreads throughout living systems, from bacteria to cephalopods to primates. So being intelligent is a quality of living and evolving also implies perfecting intelligence, given its biological and ecological conditions. In fact, intelligence is more connected to developing strategies, solving problems, recognizing obstacles and trying to overcome them, establishing cause and effect relationships, consolidating a pattern – or program – of decisions, behaviors and habits, in short, computing data and the ability of this computing – mediation – to coincide with reality in favor of the permanence and autonomy of the living system.

In this respect, both AI and ML are in full development mode and their results impress even the most skeptical. But what about consciousness? Does this capacity follow the same pragmatic path? Apparently not. For if it were, consciousness would have the same *feasible* generality and observability in various living systems around us as the faculty of intelligence. As such, consciousness seems to have a more, shall we say, particular nature, rather than something of a general nature. It is not surprising that autonomous systems achieve enormous computational interdependence if the growing volume of data that we supply to their micro- and macro-computing processes passes through them. Consciousness, however, seems to be organized along another path, beyond data processing: irreversibility.

This is where quantum, as a philosophical starting point, can offer us a way to discuss consciousness. Thus, supported by the reflections of Ilya Prigogine, Edgar Morin and Jorge de Albuquerque Vieira, together

with the Philosophy and Semiotics of Charles Sanders Peirce, we intend to observe consciousness as the fruit of erraticism, non-equilibrium, the asymmetry of time and, therefore, irreversibility.

### **The Time of Concepts: System, Organization and Complexity**

Before we analyze the main topic of this article, consciousness, it is necessary to understand some concepts that will be used in our analysis. The first of these is the concept of a system. For Edgar Morin (2008a, p. 175), a system is everything that demonstrates emergence and autonomy in relation to the external environment. Emergence (Morin, 2008a, p. 136-142) can be seen as a creative capacity to evolve and find the means to remain. Jorge Vieira (2007, p. 34) distinguishes the following types of system:

- (a) *open systems*, which are those that interact and exchange information with other systems and subsystems in such a way as to permeate their existence and permanence based on their ability to weave and/or build relationships, connections and integrations at different levels of associations, cooperations and mutual adjustments,
- (b) *closed systems*, which exchange energy and information, but not matter, and
- (c) *isolated systems*, which lose contact with their surroundings and tend to die.

According to Jorge Vieira (2007, p. 89), there are three fundamental classification parameters for analyzing a system: its capacity for permanence, its environment and its autonomy.

- (a) *Permanence* has a temporal character embedded in its process and often, in biology, this parameter can be synonymized with the term survival, i.e. the ability to maintain its existence over time.
- (b) *Environment* is a system that involves another system. In fact, the environment allows the system within it to find the necessary resources for its emergence, development and maintenance. Morin (2005, p. 64-68) warns us that in the same way that a system chooses its environment, or Oikos, the environment chooses the

systems that will develop through it. There is a co-evolutionary aspect to the process, as environments and species co-produce and co-operate mutually for the permanence and evolution of both.

(c) *Autonomy*, on the other hand, is related to the stock of information or systemic memory, i.e. the past connects the present, enabling possible futures. Thus, over time, in its process of permanence and exchanges with the environment, the system accumulates experience, evolves in mediation – or semiosis – internally – cells, organs, individuals – and externally – micro-systems, ecosystems and macro-systems – and transforms information into regularity, to the point of self-maintenance and self-generation: recursively (circuit) and retroactively (expansion). Maturana and Varela (2011) call this process autopoiesis.

But why is the accumulation of information important for open systems? Because every open system, which is non-linear and out of equilibrium, has to deal with entropy, i.e. the degeneration of itself and/or its surroundings. Thus, the stock of information guarantees that it can deal with crises, disturbances, hostilities, disputes, struggles, competition, etc. This is why Prigogine (2002, p. 29) warns us that entropy is the driving force behind evolution, as it causes systems to achieve what we call homeostasis, which, above all, means an intermittent action of overcoming entropy, transforming it into systemic memory and transmitting it to subsequent generations, recursively and retroactively. What Morin calls auto-pheno-geno-organization, in other words, a creative (emergent), phenomenal (existing), generative (self-reproducing) and organized (autonomous, permanent, continuous and intellectual) system.

Jorge Vieira (2007, p. 83) warns us that open, unstable and out-of-equilibrium systems are the great procedural matrix of the reality that surrounds us and that reversible and stable systems, such as those found in celestial mechanics, are exceptions. Thus, the degeneration of the system brings us face to face with the irreversibility of time, which drives the complexity of living organizations to find and build (Prigogine, 2011, p. 30) their permanence, autonomy and environment. This is because stable systems do not promote emergence or creativity in systems, on the contrary.

Following the concepts presented by Jorge Vieira (2007, p. 35-42), for a system to consolidate itself as such, it is necessary to observe certain so-called hierarchical or evolutionary parameters, i.e. those that de-

pend on the time factor to establish themselves, outlined as follows: composition, connectivity, structure, completeness, functionality and organization, all permeated by a parameter that can arise from the very first stage: complexity.

The first parameter called composition deals directly with diversity, i.e. the more diverse the system, the more information there is circulating, and the more information, the better the system will be able to deal with entropy. Therefore, information is difference and difference is autonomy. In this way, information density becomes the system's key to evolution.

In fact, many people confuse disorder with entropy, which is not correct. So, when we enter a forest, for example, that cacophonous disorder is not an index of entropy; on the contrary, everything that degrades there is driving a proportionally high volume of the possibility of life, it is driving a volume of correlations, complementarities and synergies promoting the evolution of all the species included in it.

A living organization, or a system out of equilibrium, demands not just an accumulation of information, systemic memory, but an intermittent exchange of information, that is, a diffusion and distribution (Prigogine, 2011, p. 45) of interpretants (Santaella, 2000a, p. 69) that resonates throughout the system, promoting its convergence or coupling (Prigogine, 2011, p. 47) of meaning, that is, homeostasis (Morin, 2008a, 240).

It is through these flows of correlations (Prigogine, 2011, p. 93) or semiosis that evolutionary parameters emerge as a constructive way of living (Prigogine, 2002, p. 27). Thus, when we talk about living systems we need to abandon the idea of trajectory, so common in stable systems, because unstable systems are permeated by sets (Prigogine, 2002, p. 51), that is, by a chain of multi-processual and complementary interactions that find stability precisely through an environment of sign exchange.

Thus, composition deals with this arrangement of informational diversity that takes place over time and is transformed into connectivity and connectivity, the second evolutionary parameter, means weaving links, relationships, strengthening the chain of complementary processes that are established to form a structure. The third evolutionary parameter, structure, is the configuration of the landscape or the design of the system. This is when the system takes on a form or Gestalt. It's as if we could 'photograph' it at a given moment in order to understand its topology.

Integrality, the fourth evolutionary parameter, means establishing systems within other systems, that is, forming subsystems that nourish each other through the links and connections established. Integrality therefore means fostering emergencies or synergistic co-stabilities, to the point where, if one part suffers damage, another part, in an interdependent way, co-operates and/or collaborates in maintaining the system as a whole. By stimulating such emergencies in the arranged elements, the system allows these parts to specialize. Therefore, integrality gives rise to functionality, the fifth evolutionary parameter, and functionality means providing the conditions for the properties of each element to act in such a way that everyone benefits.

Thus, the containment of degeneration or entropy reflects the organization of the system, since each part has a function in the whole, i.e. each element, with its specialty, complements each other in space and time. Diversity therefore favors this organic process, which is above all semantic, i.e. the system is cohesive and coherent. In fact, the parameters of cohesion and coherence are also parameters for consolidating a system. Cohesion deals with the syntax between elements in terms of their joint, complementary and interdependent actions. Coherence deals with semantic completeness or the convergence of meaning that resonates throughout the system. In fact, the last evolutionary parameter is organization, which means an elaborate form of complexity.

It seems clear that the constitutive link of living organization is the accumulation of information and its dispersion in a certain convergence of meaning or regularity. So, while the irreversibility of time drives the evolutionary stages of the system, expanding it in complementary synergies, the convergence of meaning seems to delineate the correlative flows or interpretants in a system closure.

This closure of the system is important for circumscribing what is internal from what is external. At the same time as organisms compute signs internally, there is also the mediation of external signs. The convergence of meaning implies that – internally – organisms have certain qualities, characteristics and behaviors, and at the same time they are able – externally – to mediate their surroundings using sensory and motor tools specific to each organism. What Jakob von Uexküll calls the “Umwelt”, which translates as “the world around”, would be a kind of “bubble” (Vieira, 2007, p. 24) or particular semiotic-perceptive-computational network through which each organism translates the information in the ecosystem in which it is inserted in accordance with its ability to interpret.

Intelligence seems to be the fruit of the characteristics that have moulded the convergence of meaning in each living organism. Evolutionarily, each organization has built a path or bifurcation, which could have been another (Prigogine, 2011, p. 75), but which, in the end, was established spontaneously from instability.

In fact, there is a tendency for stability to emerge from non-equilibrium (Prigogine, 2002, p. 27). Thus, a specific, defined, irreversible self-organization brings us face to face with the fact that time progressively leads us to homeostasis (*ibid.*, p. 78) or semantic regularity, in other words, to a tendency to acquire habits (Peirce, 1998, p. 33), habits that are satisfactory to the demands of reality, which requires us to have a certain interpretative-computational coherence or reasonableness (*ibid.*, 249) in relation to our surroundings, since the lack of this faculty implies the organism's own inadaptability to the environment, thus running the risk of not surviving the vicissitudes of life.

However, with each self-organization that has been established on this planet, a break in the symmetry of time has been generated, because even if we were to go back to the initial conditions of each new organism, the possibility of a self-organization following in exactly the same footsteps is probably small. This is because open, out-of-equilibrium systems are eco-dependent on multiple factors. So a change in one of the evolutionary processes, whether in composition, connectivity and/or functionality, would mean that the organization would already have another type of convergence of meaning and/or closure. For, as Morin warns (2008, p. 188): "There is no linear development of complexity; complexity is evidently complex, that is, uneven and uncertain".

Finally, if everything around us is the result of instability and irreversibility, consciousness could have no other procedural matrix than that of a system out of equilibrium. We can see that there is self-organization in the construction of consciousness; however, unlike the faculty of intelligence, which demands a response to the challenges inherent in the permanence and autonomy of the organism, consciousness seems to have a different evolutionary path.

### **The Spiral of Consciousness: Duplicity, Resonance and Contemplation**

Firstly, as observed by Edgar Morin (2008b, p. 209-221), consciousness is this 'double' that looks at itself and starts a dialogue, in various instances, with a system – itself (Morin, 2005, p. 181) – which is the ori-

gin and destination of its own reflections. It is therefore a circuit that circulates and evolves in a spiral, opening up to the horizon ahead to find its closed center in itself.

Primarily iconic in character (Peirce, 1998, p. 13), this double has its object within the sign itself, that is, its object of reflection is within the signs generated in the mind itself. Despite looking at the actions and conduct of the individual, the conscience only deals with the image, that is, with the reflection of this behavior that becomes its target for self-analysis. Hence its fragility and, at the same time, its plasticity, which is capable of both changing over time and being deceived by itself.

While reasonableness has its meaning pointing to an agreement between cognitive-computational representation and the surrounding reality, i.e. cognitive-perceptual-computational apparatuses are evolutionarily constituted to respond logically to the demands and vicissitudes of the environment, conscience has aesthetics as its locus, i.e. that which recommends itself as the ultimate or admirable end of behavior (*ibid.*, p. 142).

After years of studying logic – or self-controlled thought – Peirce realized that logic alone was not enough. In fact, he concludes that whether or not we approve of reasoning is dynamically connected to what we are deliberately ready to adopt (Peirce, 2000, p. 202). Thus, the logical good – or the sharpness with which we reason – depends on ethical approval, because while logic is the study of the means to achieve the goal of thought, ethics, on the other hand, is structured according to the definition of this goal (Santaella, 2000b, p. 121). However, the ethical good defines this ultimate end to be achieved or aimed for by what attracts it without any further consideration, by what arouses, enchants and recommends itself, therefore by what is admirable in itself. This means that the ethical good – the deliberate actions reasonably adopted – defines its goal by what is aesthetically good (Peirce, 2000, p. 202).

In its projection or dialogical reflexive duplicity, consciousness functions as a space or environment that is at the same time dual: aesthetic and intellectual; in which the bonds of reasonableness are more tenuous and probabilistic processes become more likely to break the symmetry of time, in what we call ‘awareness’, that is, a new bifurcation opens up and a new process of self-organization of consciousness is restructured, dispersing a renewal of interpretants – diffusion – fostering a new organization of the self.

This doesn't mean that consciousness can evolve to a better or worse level, because what is admirable and aesthetically recommended for oneself doesn't always constitute something ethically approvable for everyone. Because it has a probabilistic character, this evolution can lead to either irrationality or rationality, in other words, either coherence with the environment or a lack of sense in relation to reality. Consciousness can therefore be as blind and deaf as it can be clear – 'enlightened' – and perceptive.

In this way, we conceive of consciousness not just as a system of itself, but as an ecosystem of itself or an environment or Oikos in which this self dwells and through which informational flows transit, circulate and reverberate. Thermodynamic in nature, this environment moves through time, co-evolving with logical thought, in an irreversible and undulating journey, in a spatialized time (Prigogine, 2011, p. 62) or image, transitory and plastic.

In this environment, internal informational flows circulate and resonate together, forming a kinetic structure whose stability or eco-homeostasis depends on the many undulations, reverberations and resonances (*ibid.*, p. 46) between various internal procedural matrices, creating couplings of internal events or signs, thus weaving a unity or Oikos through the fluidity of resonances. This means that without the intermittent and dialogical flows of signs, there is no self-organization such as consciousness, i.e. without the "effective gush of unpredictable novelty" (Bergson, *apud* Prigogine, 2011, p. 63) there is no consciousness.

In this movement permeated by signs, sometimes orderly, sometimes irregular, self-reflection seems to create as many roots below what we perceive internally as there are flourishes structuring a varied cognitive-reflexive canopy. In this iconic and quantum environment, there is as much diversity as unity, as much cacophony as harmony, however, it is possible to perceive a distinct volume of intellectual-computational temporalities travelling in varied instances, some incipient, others mature, some random, others regular, in their conclusions and/or unfoldings and stabilities or diffusion of interpretants.

This internal movement, out of equilibrium, seems to depend on a range of temporalities/information that would allow consciousness to self-organize, in other words, to 'see' itself, or duplicate itself. It's the gaze "that expands in many directions", as Davi Kopenawa observes (Kopenawa and Albert, 2015, p. 75), which sees the plateaus of our own landscapes, built/wrought over time in the clash with reality, by mediating/

computing: our experiences, concepts, desires, dreams, traumas, successes, disappointments, cultures, traditions, customs, etc., at different stages of life, which accumulate – storage – creating zones of information or spaces of contexts (Vieira, 2007, p. 51), full of past stories so intertwined and eco-dependent that the flutter of an idea – or a butterfly – at one point can generate a whirlwind at another.

On the other hand, stability doesn't mean the absence of conflict or contradictions. Much of what happens in this thermodynamic environment is not initially perceived, i.e. there are many unconscious processes involved in shaping this Oikos called consciousness. A trauma can be seen as if it were a black hole that, although it affects a person's behavior and actions, they are often unaware that it is there, gravitationally pulling on their behavior and thoughts. Because we have no way of looking at it directly, we can only analyze its action by its indices that emerge through dreams and/or in the observations of a good psychoanalyst during therapy sessions. However, once identified, this gravitational field is no longer an attractor (Vieira, 2007, p. 85) unknown to the mind.

So, unlike logical reasoning, whose trajectory can be observed and is reversible, as we see in Bárbara's syllogism, consciousness, on the other hand, is not expressed by trajectories, but by maps or topologies, in other words, it can only be measured diagrammatically, as if we could freeze that state-instant in an image representing all its complexity in movement.

This state-instant or map has the nature of what Charles Sanders Peirce called Existential Graphs (Peirce, 1998, p. 279). It is a spatio-temporal cut-out with a primarily iconic – double – and necessary – inter-relational – character, produced by the mind (*ibid.*, p. 21) in the face of the complexity in which it is immersed. In fact, graphs would have the same logical functions as close ups, medium shots, open shots, *plongées*, travelings, etc. in cinema.

As in a film, sometimes the mind dwells more closely on a diagram – a hypothesis, for example – and for this we need a close-up. However, at other times, the mind needs to see these hypothetical – and exploratory – interrelationships more comprehensively, as in an open shot. Thus, moving from one diagram to another, the mind sees (Peirce, 1998, p. 207) what is present, in general, in the correlations between the diagrams.

At this moment when we contemplate (*ibid.*, p. 247) the parade of images in the mind's eye and are so absorbed in their interrelationships, exchanges and informational complementation, it is notorious that we get lost in their topologies and landscapes, because we are completely immersed in

the horizon ahead to find our own gravitational center and don't even notice time and sometimes even the people and movements around us.

In this process, I see the image of my behavior (*ibid.*, p. 248) and self-analyze the ideals – aesthetics – that shape me, i.e. whether there is a semantic coherence between my actions and my ideals. Therefore, it is in this instant of self-reflection that awareness emerges as a rupture of time.

In this way, we can no longer go back to the way things were before, because the whole system (*self*) has been affected and it is from this break in time that consciousness irreversibly opens up to another self-reflexive path. Therefore, a bifurcation originates precisely at the moment when time is broken internally, and it is from this rupture that the reflexive flows – interpretants – are restructured – coupled – along other paths, finding a new active self-organization.

We are not far removed from the experiences practiced in meditation, whether in Zen Buddhism or yoga, because both lead us to exercise this breaking of time in and of consciousness, that is, from the 'pause' and/or 'rupture' of the flow of thought, the mind reeducates itself to self-organize. Thus, with each 'break', each rupture, consciousness restructures itself, evolutionarily restarts itself in composition, connectivity, structure, integrality, functionality, organization and complexity. In fact, consciousness rediscovers itself in the fluidity of each rupture in time.

On the other hand, both the Aristotelian catharsis (Aristoteles, 2005, p. 35), or the experience of the sublime observed by Longinus (2005, p. 185), or even the aesthetic experience according to F. Schiller (Schiller, 2002), are equally responsible for this rupture in the time of consciousness, to the point where we lose ourselves in the work and, from this rupture, change the way we reflect on our surroundings and ourselves. Therefore, the asymmetry of time seems to be an important factor in the self-organization of consciousness, which opens up to new possibilities in a *continuum* of renewal – generalities – self-reflection.

Of a probabilistic nature, consciousness self-organizes in countless ways and in new couplings suggested aesthetically to itself in a projection based on the new diffusions of information – interpretants – constructed by the rupture of time. Whether through a playful rupture, a meditative practice, or an event/experience so striking to the mind that it prompts a semantic renewal, consciousness reorganizes itself in a unique and singular way, because any evolutionary change, be it in the new recomposition, in the new reconnectedness and/or in the new semantic re-functional-

ities found in this new bifurcation of consciousness, can generate another environment, not previously foreseen.

After the rupture of time, while logical reasonableness weaves the paths to realign the edges of this new internal architecture of consciousness, aesthetics takes care of the Gestalt of the self, the form of this double – iconic – that looks at us from a distance while being umbilically connected to ourselves. In fact, consciousness is qualitative and can only be measured by the topological totality of its parts. Thus “an object, in order to be aesthetically good, must have a number of parts so related to each other as to give a positive, simple and immediate quality to the totality of these parts” (Peirce, 1998, p. 201).

However, these edges can only be built from spaces in previous contexts (Vieira, 2007, p. 97), that is, from our own systemic memory, because life experience is continually contributing more or less to illuminating (Peirce, 1998, p. 248) our own consciousness. Even if it takes a while to realize it.

Thus, like a clearing that opens up in a forest and covers the soil with organic matter, the rupture in the time of consciousness takes as its semiotic nourishment the very forest that preceded it. Thus, from this *humus* that now spreads through the soil of the mind, a new self-reflexive forest – *Oikos* – is reconfigured, connecting the past to the present and making possible futures.

## Conclusion

As a result of erraticism, consciousness is rooted in the irreversibility of time. Thus, it is from the ruptures caused by life’s experiences that self-understanding is rebuilt in a semiotic continuum whose purpose is inherent to its self-pheno-gen-organization, that is, finding its new stability in non-equilibrium (Prigogine, 2002, p. 44).

With the contours of aesthetic reasonableness, consciousness has a unique plasticity that allows its self-organization to be flexible and moldable over time. On the other hand, it is fragile, open to chance, fallibilism, probabilities, in other words, error and illusion. This is because its object is within itself. It is, therefore, the reflection of oneself that we contemplate from a distance and within ourselves. In this way, it is capable of both wisdom and madness, both enlightenment and blindness (Morin, 2007, p. 123).

Unlike logical reasonableness, which is constituted by the conformity between representation and reality (Peirce, 1998, p. 380), consciousness is information that is geometrized (Vieira, 2007, p. 97), that is, in its data processing, information becomes a landscape that we can dwell on by looking at it from different angles. Through its iconicity, we expand our understanding and through its circularity we make it three-dimensional. We walk through it because it is an irreversible, singular and self-poetic reflexive construct.

In this Oikos of the self, consciousness and intelligence compete, complement and adjust to each other. Consciousness chooses and, at the same time, is chosen by the logical reasonableness that travels through it, so both co-evolve in time and space. On the other hand, it is in its kinetic movement – of interpretants – that consciousness acquires life, and at the same time, it is in its rupture that it renews itself in an unpredictable gush of novelty. Finally, consciousness has its expressiveness (Peirce, *ibid.*, p. 203) which can be seen in the quality of its reflections. This leads us to say that consciousness is a form of art (Peirce, *ibid.*, p. 10), because through it we can open up new semiotic horizons.

If in the near future we want to promote autonomous and self-aware machines, we need to ask ourselves if we are prepared for their idiosyncrasies, because there will no longer be replicas, but open works (Eco, 2008).

## References

- ARISTÓTELES. *Arte Poética*. São Paulo: Martin Claret, 2005.
- ECO, Umberto. *Obra Aberta*, 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2008.
- GODFREY-SMITH, Peter. *Metazoa: Animal life and the birth of the Mind*. New York: Farrar, Strauss and Giroux, 2020.
- KOPENAWA, Davi; ALBERT, Bruce. *A queda do céu: palavras de um Xamã Yanomami*. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.
- LONGINUS, Cassius. *On the sublime*. Tradução: W. Hamilton Fyfe. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2005.
- MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco J. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. Tradução: Humberto Mariotti e Lia Diskin. São Paulo: Palas Athena, 2011.
- MORIN, Edgar. *O método 1: a natureza da natureza*. Porto Alegre: Sulina, 2008a.
- MORIN, Edgar. *O método 2: a vida da vida*. Porto Alegre: Sulina, 2005.

- MORIN, Edgar. *O método 3: o conhecimento do conhecimento*. Porto Alegre: Sulina, 2008b.
- MORIN, Edgar. *O método 4: as ideias – habitat, vida, costumes, organização*. Porto Alegre: Sulina, 2008c.
- MORIN, Edgar. *O método 6: ética*. Porto Alegre: Sulina, 2007.
- PEIRCE, Charles Sanders. *Semiótica*. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- PEIRCE, Charles Sanders. *The essential Peirce*, v. 1. Bloomington: Indiana University Press, 1992.
- PEIRCE, Charles Sanders. *The essential Peirce*, v. 2. Bloomington: Indiana University Press, 1998.
- PRIGOGINE, Ilya. *As leis do caos*. Tradução: Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 2002.
- PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas*. São Paulo: Editora UNESP, 2011.
- RUSSELL, Stuart. *Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control*. New York: Viking, 2019.
- SANTAELLA, Lucia. *A teoria geral dos signos*. São Paulo: Pioneira, 2000a.
- SANTAELLA, Lucia. *Estética: de Platão a Peirce*. São Paulo: Experimento, 2000b.
- SCHILLER, Friedrich. *A Educação estética do homem*. São Paulo: Iluminuras, 2002.
- VIEIRA, Jorge de Albuquerque. *Ciência: formas de conhecimento – arte e ciência; uma visão a partir da complexidade*, vol. 2. Fortaleza: Expressão, 2007.
- WOOLDRIDGE, Michael. *Brief history of artificial intelligence: What it is, where we are, and where we are going*. Los Angeles, CA: Flatiron, 2021.

## “Tudo é vibração?”:

# Emaranhando a mecânica quântica em um mundo sem objetos

Nelson Job<sup>1</sup>

**Resumo:** Neste artigo de caráter transdisciplinar, vamos estabelecer uma ressonância dos aspectos vibracionais e contínuos na mecânica quântica, ressoando com a Filosofia, a Artes e a espiritualidade. Questionaremos a predominância de interpretações dualistas na mecânica quântica, mostrando que vários dos físicos que ajudaram a criá-la, possuem afinidades com filosofias que eram mais continuístas que discretas, como a de Heráclito e Espinosa. Vamos eleger a Interpretação Transacional, em que tudo são ondas, de John Cramer e desenvolvida por Milo Wolff, como a interpretação mais adequada ao nosso propósito. Sendo uma interpretação que inexistem partículas, vamos então elencar ressonâncias possíveis dessa interpretação de modo transdisciplinar, na Filosofia, na Arte e na espiritualidade, respectivamente, na Filosofia da Diferença de Gilles Deleuze, no Neoconcretismo, e no Shivaísmo da Caxemira, que afirma que tudo são vibrações, mesmo no imanifesto. A partir do imanifesto do *Shivaísmo*, faremos ressonâncias com esse estado fundamental na Filosofia, como no *plano de imanência* de Deleuze e na mecânica quântica no *vácuo quântico*. Com isso, vamos mostrar que o imaginário em que se afirma que “tudo é vibração” é possível na mecânica quântica e possui ressonâncias em outros campos do saber.

**Palavras-chave:** consciência, quântico, irreversibilidade, semiótica, complexidade.

---

<sup>1</sup> Escritor, psicólogo, doutor em História das Ciências das Técnicas e Epistemologia/UFRJ, pesquisador transdisciplinar, criador do campo conceitual e experimental transaberes, autor dos livros *Confluências entre magia, filosofia, ciência e arte: a Ontologia Onírica*, *Vórtex: modulações na Unidade Dinâmica* e do romance *Druam*. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2092-3588>. E-mail: [nelson@transaberes.com](mailto:nelson@transaberes.com) e [nelsonjobvortex@gmail.com](mailto:nelsonjobvortex@gmail.com).

## **“Is everything vibration?” Entangling quantum mechanics in a world with-out objects**

**Abstract:** In this transdisciplinary article, we will establish a resonance of the vibrational and continuous aspects in quantum mechanics, resonating with philosophy, arts and spirituality. We will question the predominance of dualist interpretations in quantum mechanics, showing that several of the physicists who helped to create it, have affinities with philosophies that were more continuistic than discrete, such as that of Heraclitus and Espinosa. Let's choose Transactional Interpretation, in which everything is waves, by John Cramer and developed by Milo Wolff, as the most suitable interpretation for our purpose, even though it is not very popular. Being an interpretation in which there are no particles, we will then list possible resonances of this interpretation in a transdisciplinary way, in Philosophy, Art and spirituality, respectively in Gilles Deleuze's Philosophy of Difference, in Neoconcretism, and in Kashmir Shaivism, which states that everything is vibrations, even in the *unmanifest*. From the unmanifest of Shaivism, we will make resonances with this fundamental state in Philosophy, as in Deleuze's *plane of immanence* and in quantum mechanics, whether in the *quantum vacuum* or in the *implied* order of David Bohm. With this, we will show that the imaginary in which it is stated that “everything is vibration” is possible in quantum mechanics and has resonances in other fields of knowledge.

**Keywords:** continuous; quantum mechanics; transdisciplinarity; vibration.

*Deve ser conhecida como o calor do fogo, como o raio do Sol,  
e a própria Potência é a causa de todo o universo.  
Nela estão as qualidades da onisciência etc.,  
o que se manifesta e o que não se manifesta.  
Ela, quando expande, é a vontade, o conhecimento e a ação.  
Tantra do Terceiro Olho*

## Introdução

Tudo é vibração? A pergunta é muito válida, como iremos explorar ao longo deste artigo, no entanto, há muitas vezes certo mal-estar nesse tópico, tendendo ao campo semântico esotérico, que pode ser mais discutível em termos de credibilidade. No entanto, a vibração e sua possível ubiquidade é um tópico relevante não apenas na espiritualidade, mas também na Física, Filosofia e outros saberes, como veremos. Para apreendermos a relevância do tema da ubiquidade da vibração, bem como sua impopularidade no meio acadêmico, é preciso contextualizar o assim chamado “momento 1900”.

Na virada do século XIX para o XX, o mundo estava mudando como nunca. Não apenas no âmbito científico e na experiência da vida nas metrópoles, mas no campo das artes, das ciências humanas, da geopolítica, do esoterismo etc. (Job, 2019). Historicamente, as circunvoluções políticas em um mundo cada vez mais complexo culminariam, na primeira metade do século XX, nas duas grandes guerras mundiais. Na ciência, há a popularização da eletricidade, telefone, automóveis e, um pouco mais tarde, aviões. Além disso, o início do século XX seria marcado pelas últimas revoluções na Física: a emergência da Física Moderna pelos adventos da Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade Especial e Geral. A lógica ganharia inovações que não se viam há séculos, bem como a geometria. Nas artes plásticas, há a multiplicação de diversas vanguardas, como o Cubismo, Surrealismo, Dadaísmo, Vorticismo etc. O cinema surge, colocando a fotografia em movimento, assim como surge a filosofia de Henri Bergson (2006) que coloca as imagens do pensamento em movimento, criando uma Filosofia que proporia uma *mudança sem suporte*. A literatura de Franz Kafka faria uma denúncia precisa de toda a burocracia que viria cada vez mais a se intensificar ao longo do século XX e deste, além de borrar os limites entre autor, obra e leitor. O jazz, o blues, o tango e o samba surgiriam nas periferias de Nova Orleans e no Mississipi (EUA), na Argentina e no Brasil, respectivamente, lentamente ganhando popularidade para além da restrição de suas periferias. Os místicos Aleister

Crowley e Austin Osman Spare tirariam as práticas místicas das ordens secretas e as tornariam disponíveis para o grande público. A experiência humana era virada de cabeça para baixo em várias instâncias: o mundo nunca mais seria o mesmo.

É no “momento 1900” que se dá um grande aumento da popularização da vibração no meio da espiritualidade, com o advento do livro *O Caibalion*, atribuído ao pseudônimo Os Três Iniciados, mas na verdade escrito pelo advogado e adepto do Novo Pensamento, William Walker Atkinson. O livro é apresentado como um texto de hermetismo, uma espiritualidade do início da Era Comum, mas na verdade é um texto influenciado pelo Novo Pensamento, linha mística do final do século XIX muito inspirado pelo mesmerismo e pela Teosofia (Chapel, 2016). Nos textos canônicos do hermetismo, conhecido como *Hermética*, não há citação do termo “vibração”, popularizados sobretudo pela ciência do século XIX. Em *O Caibalion*, há o Princípio da Vibração, um dos Sete Princípios Herméticos, segundo o livro. No entanto, no imaginário espiritualista, *O Caibalion* se tornou um dos textos mais populares ligados ao hermetismo, praticamente criando uma espécie de “neo-hermetismo”, de modo que, em muitos textos sobre o hermetismo, os Sete Princípios Herméticos de *O Caibalion* surgem como síntese de um hermetismo canônico.

A história do dualismo e separatismo no imaginário, sobretudo ocidental, é longa e foge do escopo deste artigo desenvolvê-la, mas, de um modo geral, podemos dizer que há uma criação da noção de transcendência no Egito Antigo no Império Novo, em cerca de 1500 AEC (antes da Era Comum), de modo que os deuses deixam o plano imanente, dos humanos, e passam a habitar um plano transcendente “superior”. Isso migra para o imaginário grego com o Mundo das Ideias platônico e afins, para o Deus judaico-cristão e a Escolástica, culminando na separação ontológica de corpo-mente em Descartes e na separação entre coisa em si e mente em Kant. Tais ocorrências possuem consequências políticas, pois são mais adequadas para um imaginário de obediência ao contagiar a ideia de que há algo superior, eterno e imutável, em que se deve ter reverência: deuses, reis, imperadores e outros líderes, sejam políticos, religiosos, educadores, no âmbito da saúde, como médicos e afins ou simplesmente chefes de família (Job, 2022).

No entanto, em círculos intelectuais e até alguns meios mais populares, no final do século do XIX na Europa eram tomados pelo antiatomismo e pela noção de vórtice, ou seja, o mundo era, sobretudo, contínuo, mas com alguns emaranhados de forças formando “coágulos”. Exemplo

notórios seriam o do físico William Thompson e do matemático e filósofo inglês William Kingdom Clifford (Kragh, 2002). A partir da teoria do movimento do vórtice em um dado fluido, do físico e médico Hermann von Helmholtz, Thompson criou um modelo do átomo como vórtice. Clifford, tradutor da proposta de geometria não euclidiana do espaço curvo de Riemann, foi precursor na proposta de conversão matéria e energia, décadas antes de Einstein (Falconer, 2019).

As ideias que convergiam para vórtice tiveram problemas em mostrar a sua estabilidade, além de que a intuição do mundo observável convidava a uma estética do discreto, ou seja, do “mundo dos objetos”. No início do século XX, com o advento da mecânica quântica e o protagonismo da *interpretação estatística* de Niels Bohr e seu grupo, o imaginário de dualidade partícula e onda prevaleceu até os dias de hoje.

Apesar de visões que tendem ao continuísmo de Schrödinger e Einstein, prevaleceu a versão que tendia ao discreto. Nossa hipótese para esse fato histórico é que todo o processo histórico, desde o início do processo civilizatório e da organização estatal da sociedade humana, de um modo ou de outro, vale-se do “dividir para conquistar”. Desse modo, o discreto, o dualista, o separatismo são mais afeitos ao poder, poder esse que controla a maior parte das universidades, laboratórios, revistas e editoras científicas e outros meios de divulgação, além das premiações etc. Portanto, para nós, o sistema vai privilegiar as cosmovisões discretas e dualistas.

Uma cosmovisão continuísta é bem ampla, seja na filosofia de Giordano Bruno, no Renascimento, em Espinosa e Leibniz no século XVII – que com seu cálculo diferencial, criado simultaneamente ao de Newton, faz a conversão do discreto ao contínuo e vice-versa –, seguido da filosofia de Bergson e de Whitehead no momento 1900 e de seus desdobramentos no século XX, como na Filosofia da Diferença de Gilles Deleuze (2006a).

Whitehead (1978) vai colocar o átomo como uma espécie de preconceito grego, trazendo como alternativa a sua Filosofia Orgânica processual, em que átomos são substituídos por *ocasiões atuais*, ligadas pelo *nexus*, de modo que toda a possível compreensão do cosmos enquanto acontecimentos discretos são apreendidos nessa Filosofia enquanto contínuos em fluxos de ocasiões atuais.

Essa filosofia imanente e contínua vai se mostrar, na verdade, com muitas afinidades com a mecânica quântica, desde seus primórdios. O próprio Heisenberg, em suas famosas palestras na década de 1950, articulava a mecânica quântica com a filosofia de Heráclito: “Se substituirmos a palavra fogo por energia, poderemos quase repetir suas afirmações

palavra por palavra, segundo nosso ponto de vista moderno” (Heisenberg, 1999, p. 192-193). E Schrödinger (1977), em seus textos de divulgação científica, citava constantemente Espinosa. Mais tarde, quando Prigogine e Stengers lançam a sua obra-prima de relação entre Física e Filosofia, escrevem que a história da mecânica quântica “tem como resultado renovar a dinâmica e construir a ponte entre essa ciência do ser e o mundo do devir” (Prigogine; Stengers, 1984, p. 168).

Essa visão continuísta não será, obviamente, privilégio da Filosofia. O antropólogo Tim Ingold (2015), leitor ávido de Bergson, propõe uma concepção de *mundo sem objetos* – inspirado tanto na pintura de Paul Klee, com sua autonomia da linha expressiva, como na Filosofia da Diferença de Deleuze e Guattari –, em que o mundo é uma malha e não uma rede (que teria a ênfase em seus nós e não nos fluxos), considerando que os “objetos” são, na verdade, *emaranhados* nas linhas da malha.

Mas se uma cosmovisão contínua é abundante, ainda que minoritária, a mecânica quântica teria eliminado completamente tal possibilidade? A resposta é negativa. O físico John Cramer (1986), oriundo do campo de estudos contemporâneos do eletromagnetismo, desenvolveu a Interpretação Transacional da mecânica quântica, nada popular entre os físicos, em que a “partícula” é o resultado da confluência, como um apertar de mãos, de uma onda avançada, vinda do futuro, com uma retardada, do passado, semelhante ao que ocorre também na hidrodinâmica.

Desdobrando a interpretação de Cramer, o físico Milo Wolff (2008) propõe que o encontro entre uma onda “de dentro” com uma onda “de fora”, ao possuírem a mesma frequência, gera uma onda estacionária, ou seja, que possui pontos fixos, e esférica, que é interpretada pela física *mainstream* enquanto “partícula”. O experimento de 2004 realizado pelo físico Shahriar Afshar deu alguns indícios de que as propostas de Cramer e Wolff podem vir a ser confirmadas. Wolff vai ser muito claro ao dizer que tudo no universo são ondas, ou seja, *tudo é vibração*. Pelas razões políticas, que se relacionam com o que é majoritário na cosmovisão usual da humanidade que tratamos aqui, não nos surpreende que tais interpretações mais contínuas da mecânica quântica não sejam sequer conhecidas entre os físicos, menos ainda discutidas, ainda que a mecânica quântica de campos, bem estabelecida, se aproxime um pouco dessa visão.

Acerca do tópico do imaginário “quântico”, percebemos muitas apropriações indevidas da mecânica quântica pela espiritualidade. Se mesmo com a interpretação dualista tais apropriações são em sua grande maioria indevidas, como seria com a interpretação transacional? É nesse

tópico que teremos uma concepção espiritual profícua e que pode ajudar inclusive a dar mais consistência para um imaginário de um cosmos contínuo através de uma peculiar linha do Hinduísmo, o Shivaísmo da Caxemira (Dyczkowski, 1987). O Shivaísmo é uma linha não dual de interpretação dos *Vedas* e outros textos sagrados do Hinduísmo. No entanto, é crítico a uma linha não dual mais popular: o *Advaita Vedanta*. No *Advaita*, o imanifesto (consciência, *awareness* etc.) é o real e o manifesto (o universo) é uma ilusão, o que constituiria um dualismo para o Shivaísmo. Nele, manifesto e imanifesto *são reais, no que é entendido como spanda* ou, justamente, vibração: o imanifesto se constitui enquanto uma vibração sem movimento (logo, eterna, sem tempo e espaço) e o manifesto, que emerge do imanifesto, seria constituído por vibrações com movimento, os devires que compõem o cosmos no tempo e espaço. No Shivaísmo da Caxemira, conhecido também como a *Doutrina das Vibrações*, podemos dizer que absolutamente tudo, até mesmo o imanifesto, é vibração.

Mas na filosofia também se encontra esse lema. Gilles Deleuze (2006b, p. 256) em suas aulas sobre Leibniz, quando realiza suas relações com a Filosofia de Bergson, também vai repetir com todas as letras que “tudo é vibração”. Deleuze (2000) vai ser notório em relacionar vários “filósofos vibracionais”: para além de Leibniz e Bergson, ele relaciona também Whitehead, o sociólogo Gabriel Tarde, e talvez o mais “vibracional” de todos, o filósofo da tecnologia Gilbert Simondon.

Nas artes, muitas das vanguardas que emergiram no momento 1900, sobretudo o construtivismo russo e neoplasticismo de Mondrian, vão inspirar um peculiar movimento brasileiro que se pode considerar “continuista” no Brasil: o Neoconcretismo (Gullar, 2007). Havia uma preocupação em tirar a arte do museu e dela ser experimentada diretamente – de forma *contínua* – pelo público, como também um ato político de desalienar o outrora “espectador”. São notórios os exemplos dos *parangolés* de Hélio Oiticica, em que a pessoa deveria vesti-lo e dançar e os *Bichos* de Lygia Clark, inspirados pelo físico Mario Schenberg, cujas dobradiças deveriam ser manipuladas pelo público. Não é à toa que um dos conceitos que mais fundamentam o Neoconcretismo é o de *não objeto* do poeta Ferreira Gullar, inspirado em uma obra de Lygia. O não objeto seria uma pura *apresentação*, inicialmente questionando os limites da moldura e progressivamente indo além da pintura não figurativa e da própria pintura, criticando assim a representação nas artes plásticas. Não surpreende que a filósofa Suely Rolnik (2000) irá justamente criar o conceito de *corpo vibrátil* para pensar o corpo em sua relação com as obras de Lygia.

Todas essas questões, seja do Hinduísmo, seja da Filosofia da Diferença e do Neoconcretismo, ajudam a constituir um imaginário mais potente acerca da questão da vibração e de uma mecânica quântica sem dualismos, ou seja, destituída da noção de partícula ou ao menos apreendendo a “partícula” enquanto onda esférica estacionária.

Se no Hinduísmo há um imanifesto com vibração sem movimento e na Filosofia há o plano de imanência de Deleuze e Guatarri (1992), que seria uma espécie de “zero positivo”, de onde toda multiplicidade emerge, tendo como inspiração o Deus/*natura naturante*/substância de Espinosa, de onde todos os modos de expressão emergem (de Deus, este apreendido como imanente, diferente do Deus judaico-cristão), haveria na mecânica quântica uma instância ressoante a esses conceitos?

*É no vácuo quântico que essa ressonância é feita, ou seja, um “vazio pleno” de onde emergem micro-ocorrências quânticas, cujas combinações vão gerar o universo. Existem hipóteses físicas consistentes que tanto mostram que do vazio quântico emergem o tempo e o espaço (Volovik, 2018) e até mesmo que dele surge a vida (Grandpierre, 2014).*

Se com vácuo quântico é feita uma ressonância potente que se aproxima com imanifesto, existem outras funções na mecânica quântica que também podem se aproximar disso: a *ordem implicada* de David Bohm (2008). Essa ordem é algo fundamental e o mundo manifesto, a ordem “explicada”, “desdobrada”, um universo em *holomovimento*, posto que o holograma é um modelo para pensá-lo. Bohm se inspira no filósofo renascentista Nicolau de Cusa (2018), que justamente vai conceituar que Deus é o *mundo implicado* e o mundo é Deus *explicado* ou *desdobrado*, entendendo que a raiz latina *plic-* significa *do*bra. Deleuze (2000) vai estabelecer as relações conceituais de Nicolau de Cusa com Leibniz, mas podemos observá-las também em Giordano Bruno e Espinosa. O imanifesto também encontra alguma ressonância dentro da Mecânica Quântica na *Energia de Ponto Zero*, em que há um estado fundamental do sistema físico. Podemos especular também acerca de possibilidades com o espaço de Hilbert.

Com isso, elencamos várias instâncias que tratam da questão do contínuo e da ubiquidade das vibrações. De um lado, observamos que a tendência é que a ciência e mesmo as humanidades continuem a optar por um imaginário do discreto e dos objetos. Além de constituir um imaginário que aumenta a sensação humana de desamparo e de desconexão, levando a possíveis doenças “psíquicas” (e suas relações contínuas com

as doenças “físicas”) que abundam nos dias de hoje, também reforça uma insensibilidade para apreender o mundo como coconstitutivo de si.

Na ressonância de uma interpretação da mecânica quântica sem partículas com a filosofia e a antropologia, que culminam em um mundo sem objetos e com uma arte plástica que expressa um não objeto e uma espiritualidade de pura vibração, temos meios consistentes para criar um imaginário mais contínuo e que apreenda que tudo é, de fato, vibração. Cabe agora realizar um avanço nas relações entre ciência e espiritualidade para desvendar um aspecto mais geral do que se chama “vibração”; por exemplo, na física se entende que aumento de vibração gera mais energia, mas a espiritualidade muitas vezes se refere ao aumento de vibração relacionado ao sutil. Apreender a relação ao longo dos diferentes tipos de vibração na ciência e na espiritualidade podem dar um grande avanço a um estudo transdisciplinar mais consistente.

Com este artigo, gostaríamos de inspirar mais investidas da ciência na perspectiva de um mundo contínuo, que vários dos grandes pensadores da ciência ou eram adeptos, ou se aproximavam de tal concepção. Nutrir um imaginário vibracional e contínuo é uma tarefa desviante à tendência mundial, constituindo também em um ato político que é também desviante do “imaginário da obediência” que impera, tornando-se assim um elemento na construção de um imaginário de liberdade.

## Referências

BERGSON, Henri. *O pensamento e o movente*. Tradução de Bento Prado Neto. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

BOHM, David. *Totalidade e a ordem implicada*. Tradução de Teodoro Lorent. São Paulo: Madras, 2008.

CHAPEL, Nicholas E. *A nova roupa do Caibalion*: Associação duvidosa de um texto do início do séc. XX com o Hermetismo, 2016. Tradução de Lucas Moraes de Araújo. Disponível em: <https://transaberes.com/a-nova-roupa-do-caibalion/>. Acesso em 12 nov. 23.

CRAMER, John. The transactional interpretation of quantum mechanics, 1986. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/280926546\\_The\\_transactional\\_interpretation\\_of\\_quantum\\_mechanics](https://www.researchgate.net/publication/280926546_The_transactional_interpretation_of_quantum_mechanics). Acesso em: 26 set. 23.

DE CUSA, Nicolau. *A douda ignorância*. Tradução de João Maria André. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2018.

DELEUZE, Gilles. *A dobra – Leibniz e o Barroco*. Tradução de Luiz B. L. Orlandi. Campinas: Papirus, 2000.

DELEUZE, Gilles. *Diferença e repetição*. Tradução de Luiz Orlandi e Roberto Machado, São Paulo: Graal, 2006a.

DELEUZE, Gilles. *Exasperación de la filosofía – el Leibniz de Deleuze*. Tradução de Equipo Editorial Cactus. Buenos Aires: Cactus, 2006b.

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. *O que é a filosofia?* Tradução de Bento Prado Jr. e Alberto Alondo Muñoz. São Paulo: Editora 34 Letras, 1992.

DYCZKOWSKI, Mark. S. G. *The doctrine of vibration: An analysis of the doctrines and practices of Kashmir Shaivism*. Albany, NW: State University of New York Press, 1987.

FALCONER, Isobel. Vortices and atoms in the Maxwellian era, 2019. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2018.0451>. Acesso em: 26 set. 23.

GRANDPIERRE, Attila. Biologically organized quantum vacuum and the cosmic origin of cellular life, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267094114\\_Biologically\\_Organized\\_Quantum\\_Vacuum\\_and\\_the\\_Cosmic\\_Origin\\_of\\_Cellular\\_Life/link/5445731c0cf2d62c304d8072/download](https://www.researchgate.net/publication/267094114_Biologically_Organized_Quantum_Vacuum_and_the_Cosmic_Origin_of_Cellular_Life/link/5445731c0cf2d62c304d8072/download). Acesso em: 16 fev. 2021.

GULLAR, Ferreira. *Experiência neoconcreta*. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

HEISENBERG, Werner. *Física e Filosofia*. Tradução de Jorge Leal Ferreira. Brasília: Humanidades, 1999.

INGOLD, Tim. *The life of lines*. New York: Routledge, 2015.

JOB, Nelson. Adeus ao controle, 2022. Disponível em: <https://cosmosecontexto.org.br/adeus-ao-controle>. Acesso 26 set. 23.

JOB, Nelson O vórtex de 1900, 2019. Disponível em: <https://cosmosecontexto.org.br/o-vortex-de-1900>. Acesso em: 26 set. 23.

KRAGH, Helge. The vortex atom: A Victorian theory of everything, 2002. Disponível em: [https://www.academia.edu/4084776/The\\_Vortex\\_Atom\\_A\\_Victorian\\_Theory\\_of\\_Everything](https://www.academia.edu/4084776/The_Vortex_Atom_A_Victorian_Theory_of_Everything). Acesso em: 26 set. 23.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *A nova aliança – metamorfose na ciência*. Tradução de Miguel Faria; Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília: Editora UnB, 1984.

ROLNIK, Sueli. O corpo vibrátil de Lygia Clark, 2000. Disponível em <https://www.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs3004200006.htm>. Acesso em 30 set. 23.

SCHRODINGER, Erwin. *O que é vida?* Tradução de Jesus de Paula Assis e Vera Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Editora Unesp, 1977.

VOLOVIK, G. E. The superfluid universe. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1004.0597.pdf>. Acesso em: 27 set. 23.

WHITEHEAD, Alfred North. *Process and reality*, corr. ed. New York: Free Press, 1978.

WOLFF, Milo. *Schrödinger's universe: Einstein, waves & the origin of the natural laws*. Parker, CO: Outskirts Press, 2008.

# Há mundo depois da quântica?

Bruno Cava Rodrigues<sup>1</sup>

**Resumo:** Se o século XXI é o século da terceira morte filosófica, a do mundo, que os clínicos da civilização vêm diagnosticando no (pós-)horizonte do Antropoceno, cabe analisar o que vem depois e o que nos cabe esperar. As consequências tecnológicas da mecânica quântica são um fato notório, na medida em que a constituição de nossa vida comum está irremediavelmente imersa nelas. Menos reconhecido, entretanto, é o abalo das descobertas e paradoxos da mecânica quântica para uma nova imanência e uma nova liberdade. Está em jogo um deslocamento do problema que se comunica, por ondas de choque, com limiares de ruptura de outros campos, como reconstrução da legibilidade do Real por Paul Klee e sua variante radical da arte moderna. A gênese conceitual da interpretação de Copenhague se orienta pelos princípios da incerteza e da complementariedade. Ela embute uma dupla renúncia: ao projeto de inteligibilidade visual do mundo e ao determinismo eficiente que define um universo explicável por cadeias de causas e efeitos. Para elucidá-la, abordam-se três tipos ideais que compõem a Física predominante depois da Renascença: metafísica (neo-)aristotélica, mecanicismo cartesiano e cosmologia newtoniana (culminada na Teoria da Relatividade); bem como tais componentes foram deslocados na mecânica dos *quanta*, descortinada por Heisenberg e Bohr. O artigo conclui com um breve comentário sobre as ressonâncias cosmopolíticas da revolução quântica.

**Palavras-chave:** Antropoceno; real; incerteza; complementaridade; revolução.

---

<sup>1</sup> É autor de *A multidão foi ao deserto* (2013), republicado na Argentina, *La multitud se fue al desierto* (2016). Com Alexandre F. Mendes, publicou *A vida dos direitos, ensaio sobre violência e modernidade em Foucault e Agamben* (Lumen Iuris, 2008) e *A constituição do comum* (Revan, 2017). Organizador de *Amanhã vai ser maior* (2014), *Podemos e Syriza; experiências democráticas no século 21* (2015) e *A terra treme: leituras do Brasil de 2013 a 2016* (2016), os três pela ed. Annablume, além de *Pensar a Netflix – Séries de pop filosofia e política* (D'Plácido, 2018), com Murilo Duarte C. Corrêa. Publicou *New Neoliberalism and the Other* (Lexington Books, 2018), *Enigma do disforme* (Mauad, 2018) e *A vida da moeda* (Mauad, 2020), com Giuseppe Cocco. Escreve em vários sites, com artigos publicados em revistas. Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-6814-7200>. E-mail: [hamletvictrix@gmail.com](mailto:hamletvictrix@gmail.com).

## **Is there a world after quantum physics?**

**Abstract:** If the 21st century is the century of the third philosophical death, that of the world, which the clinicians of civilization have been diagnosing in the (post-)horizon of the Anthropocene, it is important to look at what comes next and what we can expect from it. The technological consequences of quantum mechanics are a well-known fact, insofar as the constitution of our common life is irremediably immersed in them. Less recognized, however, is the jolt of the discoveries and paradoxes of quantum mechanics on a new immanence and a new freedom. At stake is a displacement of the problem that communicates, through shock waves, with thresholds of rupture in other fields, such as the reconstruction of the legibility of the Real by Paul Klee and his radical variant of modern art. The conceptual genesis of the Copenhagen interpretation is guided by the principles of uncertainty and complementarity. It involves a double renunciation: of the project of visual intelligibility of the world and of the efficient determinism that defines a universe explainable by chains of causes and effects. To elucidate this, three ideal types that make up the predominant Physics after the Renaissance are discussed: (neo-)Aristotelian metaphysics, Cartesian mechanicism and Newtonian cosmology (culminating in the Theory of Relativity); as well as how these components were displaced in the mechanics of quanta, unveiled by Heisenberg and Bohr. The article concludes with a brief comment on the cosmopolitical resonances of the quantum revolution.

**Keywords:** Anthropocene; real; uncertainty; complementarity; revolution.

*Não há mundo quântico.*

*Niels Bohr*

O “escândalo intelectual do século”, assim René Thom (1993, p. 86) se referiu à aparição da mecânica quântica no século XX. O fato escandaloso, para o matemático das irreversibilidades e das catástrofes, foi a mecânica quântica ter renunciado à inteligibilidade do mundo. A tarefa principal da Física não seria mais explicar ou descrever a natureza como antes, mas tão somente ser capaz de prever as manifestações da natureza quando interpelada pelo aparato experimental. Ao aplicar uma função probabilística ao estado inicial do sistema, a teoria quântica facultava apenas calcular as chances de encontrar uma partícula em determinada posição ou, alternativamente, aferir a sua velocidade (Bitbol, 1995, p. 366). São pretensões científicas recessivas, nunca tão modestas em penetrar no real. Um deslocamento que Bohr sintetizou na conhecida fórmula: “não se trata de descobrir o que a natureza é, mas o que nós podemos dizer sobre ela” (Peterson, 1963, p. 12). A mecânica quântica não objetiva aceder à *physis*, mas sim aos modos com que podemos compreendê-la. Como, ademais, tais modos de compreensão são múltiplos, é apenas esperado que ao longo do tempo as interpretações a respeito da física quântica proliferem. É que as interpretações sobre a quântica não se acoplam ao que seria a “natureza real”, como uma superestrutura à realidade subjacente. As interpretações são intrínsecas à ocorrência mesma do acontecimento, assim como as observações pressupõem modos de observar. Noutras palavras, a mecânica quântica é indissociável de uma *episteme*. Apesar disso, quando comparada à mecânica da Idade Clássica, de Galileu ou Newton, a “renúncia” mencionada por Thom não implica um déficit ou falta da mecânica quântica. Poder-se-ia imaginar que o probabilismo inerente à teoria dos *quanta* implicasse uma limitação epistemológica, como se os estados quânticos e suas superposições, por não serem deterministas como na mecânica clássica, fossem portadores de uma menor “carga de real”. A noção de probabilidade é ela mesma problemática, sem consenso possível. Tão crucial quanto a probabilidade na natureza, é inquirir sobre a natureza da probabilidade (Childers, 2013). As principais concepções da probabilidade – frequentistas, propensistas e bayesianas – repercutem posições da história da filosofia entre empiristas, racionalistas e idealistas, respectivamente. Não é que o universo mecanicista de Descartes ou Laplace fosse mais (ou menos) real do que o de Bohr e Heisenberg: é a concepção da realidade que muda. No caso da mecânica quântica, a

limitação opera como um excedente, análogo ao que sucede no Cálculo Diferencial ou na Filosofia Crítica Kantiana (Juniper, 2006): o limite é etapa constituinte para a riqueza de determinações do fenômeno. O limite pode ser melhor entendido como o bordo da compreensão sobre o real, e a tendência que constitui a objetividade observável em primeiro lugar.

Para Michel Bitbol (2023), ao pensar a mecânica quântica sob a luz transcendental da filosofia de Kant, a dita renúncia autolimitante significou nada menos do que a verdadeira “revolução copernicana” da física moderna. A virada na qual a espécie humana não só participa, como está implicada na noção mesma de natureza, de uma maneira indissociável. Assim como, em Kant, o julgamento da razão, pelo tribunal da própria razão, serviu para elucidar aos filósofos quanto à ilegitimidade das pretensões da metafísica dogmática; a interpretação de Copenhague cumpriu o papel análogo de autoesclarecer os físicos, *pelos meios da própria Física*, sobre a ilegitimidade de postular uma coisa em si, “lá fora”, independente do aparato de medição e da percepção. Recusam-se as hipóteses extravagantes nas duas pontas: de um lado, um realismo ingênuo de fundo, de outro, um idealismo igualmente pouco esclarecido que reduz o Real à linguagem ou símbolos com que o possamos abordar. São penduricalhos metafísicos tanto quanto os epiciclos de Ptolomeu ou o flogisto de Paracelso, que após certo limiar de descobertas só poderiam ser sustentados *extra rationem et scientiam*. Que esta autopercepção esclarecida dos limites da física, que despontou subitamente, de uma vez, no triênio miraculoso de 1925-27 (Rovelli, 2020, p. 21-49), tenha sido imediatamente vivenciada como vertigem, quiçá experiência traumática, diz menos sobre as carências da mecânica quântica do que dos excessos de um dogmatismo atmosférico que impregnava a ciência no final do século XIX, confiante de aproximar-se da conclusão do livro da Física. Em uma de suas palestras na universidade, Albert Michelson sintetizou o espírito de *fin de siècle*: “os grandes princípios de base foram firmemente estabelecidos [...] as verdades futuras da ciência física devem ser buscadas na sexta casa decimal” (Michelson, 1896, p. 159). É essa lancinante autocompreensão, segundo Bitbol, a Revolução Copernicana nos pressupostos da Física carregada pelas linhas evolutivas da mecânica quântica, o que inaugura o drama ontológico de nossa contemporaneidade. É preciso repatriar esse grande debate no terreno filosófico, bem como ancorá-lo em nossa atualidade.

Na história dos conceitos da física, a periodização dos anos formativos da mecânica quântica usualmente é delineada em dois estágios, da “Velha Mecânica Quântica” àquela propriamente dita, com a descoberta

do Princípio da Incerteza e a avalanche de modelos e paradoxos que lhe seguiu (Jammer, 1989; Plotnitsky, 2013, p. 27; D'Espagnat, 2003). O primeiro se deu no limiar do século XX e inclui a descoberta dos *quanta* por Planck (1900), a aplicação por Einstein para o caso do *quantum* de luz, o fóton (1905), e por Bohr ao modelo orbital do átomo de Rutherford (1911) e ao salto do elétron. Nesses tateamentos e gaguejos, os físicos terminaram enquadrando as descobertas espantosas de que matéria e energia somente existem discretizadas, em pacotes, nos quebra-cabeças da ciência normal de então, isto é, de eletromagnetismo e cinemática clássica. Isto impediu que se depreendessem as principais consequências não tanto para o conceito de natureza, mas para o próprio *conceito do conceito de natureza*. Desde o começo, a dificuldade técnica em viabilizar experimentos na escala nanofísica provocou como contrapartida uma riqueza especulativa extraordinária, em um caldeamento de ciência, filosofia da ciência e ontologia. A mecânica quântica evoluiu nas empreitadas individuais, mas também através de animados debates ao redor de experimentações de pensamento, com alto teor especulativo. Considerando a defasagem dos fenômenos explicados em relação ao mundo vivido pelo ser humano, buscaram-se modelos de inteligibilidade visual, representações gráficas e didáticas, para conferir sentido ao que as observações e experimentos pareciam informar a respeito do funcionamento quântico da realidade. Bohr, nesta fase inicial, construiu em cima do modelo atômico de Rutherford (1911). Este modelo, consagrado nos manuais e escolas *malgré lui*, traça a analogia entre o sistema solar e a trajetória orbital dos elétrons (tal qual os planetas), em torno do núcleo atômico (Sol). Tais projetos ainda se prendiam a uma visão do mundo apartada da mecânica quântica em sentido estrito, que começa com a interpretação de Copenhague. A própria imagem do Bohr dos anos 1910 do elétron que realizaria saltos entre os níveis energéticos testemunha o projeto mecanicista de visão da natureza. Segundo esse modelo de visualidade, o elétron se moveria no espaço de uma órbita viável a outra, literalmente saltando. É impossível não assinalar aí uma reminiscência das representações com que trabalhavam os antigos atomistas gregos, que falavam em inclinação ou chuva dos átomos (Althusser, 2005; Serres, 2003).

No segundo momento, dá-se a ruptura paradigmática (Kuhn, 2017), que no caso é primeiro de tudo uma quebra da imagem do mundo físico. Isto ocorre com a formulação inicial do Princípio da Incerteza pelo jovem Heisenberg, então aos 23 anos. Ainda assim, ainda levará um tempo para a nova mecânica libertar-se completamente da imagem dogmática da an-

tiga. Heisenberg e Bohr, no princípio, utilizavam a gramática da “perturbação”, a fim de explicar a ineludível incerteza dos estados quânticos. A causalidade do fenômeno pela via da perturbação exógena está na base do dito “Argumento de Como” (Plotnitsky, 2013, 59-62), em referência à conferência de físicos às margens do lago alpino, no norte da Itália. Devido à escala extremamente diminuta, a medição de um parâmetro termina por provocar um distúrbio catastrófico no sistema observado, de maneira que os demais parâmetros têm sua medição invariavelmente perturbada. Isto acontece porque medir nessa escala implica disparar sobre a partícula uma radiação, isto é, um jato de fótons. Como o que se quer observar é tão ínfimo, a energia do fóton é suficiente para adulterar o estado do sistema, inviabilizando mensurações de outros parâmetros. Esta explicação ainda é tributária do projeto clássico de inteligibilidade, fundado na cinemática, com suas representações dos fenômenos redutíveis a partículas à semelhança de bolas de bilhar ou baseball que, ao longo do tempo, percorrem trajetórias em um espaço euclidiano tridimensional. Com indubitável valor pedagógico, foi bastante utilizada por Feynman ao descrever a troca de fótons entre elétrons, em suas lições sobre eletrodinâmica quântica (Feynman, 1989).

Depois de 1925, Bohr e Heisenberg reviram suas posições a respeito do Princípio da Incerteza, para então formularem juntos o que se tornou o cerne da interpretação de Copenhague. Doravante, a incerteza não é um “menos”, uma carência ontológica, mas sim constitutiva da objetividade dos fenômenos observados empiricamente (Bitbol, 2023, p. 144-149; Bohr, 1961, 1995), ou conjecturados mediante experimentos de pensamento. Entre outros, permite compreender por que o átomo é uma imensidão de vazio com um pontinho mínimo no centro, por que o diâmetro atômico é dezenas de milhares de vezes maior do que o núcleo composto de prótons e nêutrons, onde se concentra quase toda a sua massa (Brézin, 2017, p. 3). Ocorre que, quando o a trajetória do elétron se aproxima do núcleo, a incerteza a respeito de sua posição decresce, já que o espaço volumétrico no qual orbita reduz à razão cúbica da distância radial. Por força do Princípio da Incerteza, que correlaciona em proporção inversa posição e momento, uma vez que reduz a incerteza sobre a posição do elétron, ela necessariamente aumenta a respeito do momento dele. Próximo do núcleo, com a maior probabilidade de um momento alto, maior a energia cinética eletrônica, então maior a chance dele se afastar para órbitas distantes. O resultado é que o grau de incerteza é capaz para repelir o elétron e alargar espantosamente o diâmetro

atômico. Outros experimentos práticos comprovaram como a Incerteza é um problema inscrito no sistema e não depende de uma perturbação, na medida em que o princípio atua espontaneamente. Outro exemplo: ao se projetar um laser através de uma fenda com determinada largura, o fecho de luz tende a alcançar o anteparo do outro lado na mesma trajetória linear retilínea. Entretanto, se reduzirmos progressivamente a fenda por onde a luz passa, o laser começa a manifestar efeitos de difração e o fecho dispersa no anteparo, formando padrões de interferência<sup>1</sup>. Esse fenômeno é igualmente observado mesmo que sejam projetados um fóton a cada vez. Novamente, o Princípio da Incerteza conjura uma potência heurística diante dessa observação. Como a fenda reduziu, se tem maior certeza por onde passa a luz. Em consequência, ao ser reduzida a incerteza sobre a posição dos fótons, é aumentada a incerteza quanto ao momento deles. Com efeito, a luz se vê obrigada a difratar, espalhando-se no anteparo posterior, como que preocupada em não violar a equação de Heisenberg. Disso decorre uma conclusão assombrosa: a incerteza constituinte é o fator determinante, uma espécie de indeterminação criativa (o Real mesmo), que não cessa de afrontar temperamentos mais ortogonais (Lindley, 2008; D’Espagnat, 2021, p. 319)

Os paradoxos da mecânica quântica consumiram décadas de ruminação intelectual para desenvolver passo a passo um pressentimento decisivo, de que algo de mais profundo, *something rotten in the state*, estava em jogo no Princípio da Incerteza e seus corolários. Nenhum dos físicos da época dourada transigiu menos com a intuição fundante de uma novidade fundamental do que Bohr (Plonitsky, 2006, 2013; Pauli, 1955). Os ensaios de Bohr atestam a tensão febril de um pensamento que pena na rarefação da linguagem à disposição. São frequentes as hesitações, os recuos, os escorregões. Em tom por vezes sibilino, as obtemperações de Bohr a Einstein, sua argumentação compungida, sinaliza a crise de uma longa tradição (Kumar, 2010). Os antigos quebra-cabeças já não davam mais conta. A partir da dualidade onda-partícula, Bohr elaborou o Princípio da Complementariedade (Katsumori, 2011, p. 16), formulado em sucessivas versões em seus escritos. Bohr compreendia que, na mecânica quântica, não há chão de realismo mínimo (Plotnitsky, 2021, p. 178). A teoria paira em um terreno ontológico aberto, *groundless ground* (Braver, 2012). Sem alcançar o mesmo rigor filosófico de um sistema, as reflexões

---

<sup>1</sup> Este experimento é relativamente simples de reproduzir. O leitor pode ver com os próprios olhos a demonstração no vídeo Youtube produzido pelo canal Veritasium, organizado por Derek Muller: <<https://www.youtube.com/watch?v=a8F-Tr2qMutA>> Consulta em fevereiro de 2024.

tardias de Bohr encontram ressonâncias com a *Kehre* antifundacionalista que, em sua época, era esgrimida nas obras de Heidegger e Wittgenstein. A dualidade onda-partícula, para Bohr, não significa que deva existir uma realidade de base (seja ela composta de partículas ou eminentemente ondulatória), nem que a hipóstase do real seja onda e partícula, em disjunção inclusiva. Um modo de compreender seria dizer que primeiro a matéria é vibração, i.e., fenômeno ondulatório probabilístico. Somente em segunda mão, mediante a atualização ou colapso da função-onda, é que a onda se faz partícula determinada, *fiat lux*. Em suma, as partículas não passariam de epifenômenos ou individuações, secundárias ou derivadas da função-onda, essa sim, de base ôntica. Na outra ponta do realismo mitigado, se poderia entender, contrariamente, que a realidade é constituída de partículas elementares, que a realidade de base da natureza são as partículas mesmas, e que, portanto, o fenômeno ondulatório seria derivado ou secundário na escala dos entes. Afinal, segundo o raciocínio, como não há éter luminífero, é preciso que primeiro haja corpúsculos para que, a seguir, eles possam vibrar. A vibração só teria sentido se *alguma coisa* estiver vibrando, sem o que não seria possível se propagar. Ambos os caminhos – pela via do primado da partícula ou da onda – vão acabar se deparando com a mesma pedra no meio: existiria uma matéria subsistente em si mesma, autoportante, *prima qualitas*, da qual decorreria uma cascata ôntica.

Para Bohr, ambas as compreensões falham em captar o essencial da mecânica quântica: nem onda nem partícula vem primeiro. Não passam de modelagens contingentes ou constructos lógicos, para compreender determinados experimentos em seus respectivos dispositivos, e nada mais. O essencial para Bohr é a ausência de fundação ela própria. Pelo Princípio da Complementariedade, a natureza entrega o que lhe foi perguntado, ou seja, o parâmetro adequado para a medição. Se for mensurada como onda, responderá como onda, excluindo nesse mesmo desenlace a resposta como corpúsculo – e vice-versa. O que importa é a interpelação e não algum substrato hipostático. É o *coup de foudre* conceitual da interpretação de Copenhague, para dar conta da perplexidade: a realidade não admite uma imagem unívoca. Admitirá tantas quantas forem possíveis em função do modo como é abordada.

A mesma ruptura paradigmática, o mesmo deslocamento de grandes proporções do problema podemos encontrar na meditação filosófica de Paul Klee sobre a arte moderna. A arte “não reproduz o visível, torna visível” (Klee, 1998, 34). Uma atitude estética diante da natureza que re-

nuncia a toda e qualquer referencialidade, para definir a arte como uma ferramenta de constituição. Renuncia-se a uma visão pré-formada, de um quadro a priori de formas da intuição sensível: o espaço, a sucessão e o plano geométrico, com o que se podem construir pontos, linhas e figuras (Bouerneuf, 2015). Em vez disso, a visão para Klee é um *acontecimento visual*. Antes da representação do que é visto, Klee erige o ato mesmo do ver como problema para o pintor (Arantes, 2018). Um problema sem correlato “externo”. Em seu artigo que toma o apotegma de Klee como epígrafe, a crítica de arte Otília Arantes sintetiza o deslocamento: “a percepção visual ganharia anterioridade em relação ao mundo dado, e a pintura, não mais refigurativa, alcançaria o estatuto de ‘filosofia figurada da visão’” (*ibid.*, p. 23).

Tem-se, com Klee, a recondução da pintura dos objetos constituídos ao campo de constituição, dissolvendo as formas substanciais e o espaço absoluto, em prol de um Paradigma do Disforme (Cocco; Cava, 2018a). Na crítica que desferiu ao nascimento da arte moderna, Klee atribui aos pintores impressionistas e pós-impressionistas uma timidez formal. Eles não foram longe o suficiente. O abstencionismo programático desses movimentos no final do século XIX, em descrever ou narrar, a fim de privilegiar a sensação em ato, os levou somente à disponibilidade de “naturalismo ampliado” (Arantes, p. 25) Mas não permitiu alcançar o elemento genético da própria imagem, por assim dizer, o trabalho das linhas (Cocco; Cava, 2018b). A fim de superar o paradigma ótico-representativo, é preciso, segundo Klee, levar a visão até o estatuto do delírio, partindo de formas não naturais, substâncias não formadas, cores não existentes (Klee, 1970). Nos desenhos e textos, em geral, o artista se empenhou em destituir o olho de sua pretensão de centro organizador das representações do mundo, das coisas e do eu. Esse modernismo extremado embute o esforço de desvelamento da verdade mais antiga, que o despotismo da representação soterrou. O projeto mecanicista-geométrico de inteligibilidade visual do mundo, que a pintura compartilha com a física desde o limiar da Renascença, se baseia nesse velamento sistemático. Esquecimento outrora deliberado e consciente de si, porém, a certa altura da história da visão, esquecido ao quadrado, esquecimento esquecido, que precisa ser recordado – *aletheia*.

Com a licença para o esquematismo, pode-se decompor esse projeto em três tipos ideais: a filosofia natural aristotélica, de que tanto se abeberaram a Segunda Escolástica e a Renascença do século XVI, além do mecanicismo programático cartesiano e da cosmologia matemática

newtoniana. Do *corpus aristotelicum* (Aristóteles, 2000, 2007; D'Espagnat, 2021, p. 32-34) tantas vezes recepcionado, depreende-se alguns princípios estruturantes. Em Aristóteles, a realidade é constituída de coisas (*rei*) que preexistem à observação e se definem por meio de categorias objetivas. A coisa contém propriedades intrínsecas, inerentes a ela, que podem ser essenciais ou acidentais. A coisa detém uma forma substancial sem a qual deixa de ser o que é, qualidades essenciais ou primeiras. Mas também acidentes ou qualidades inessenciais, que a coisa pode ou pode não ter, sem deixar de ser o que é. Por isso, é basilar na física aristotélica a oposição entre substância e acidentes. A ciência consiste em separar o acidental do substancial, e explicá-lo pela doutrina das causas. Já na mecânica quântica, os entes não possuem propriedades intrínsecas, pois estão entretecidos em um contexto experimental. As propriedades pertencem ao conjunto de disposições do experimento, sendo indivisível em partes autônomas. Em outros termos, as propriedades não são intrínsecas à coisa, mas disposicionais (Mittelstaedt, 1998, p. 9-11). Por exemplo, no caso de dois elétrons emaranhados (*entangled*), a propriedade do spin do elétron não está contida nele mesmo, como se fosse uma propriedade intrínseca. Se for medido o spin de um, o spin do outro instantaneamente é atribuído, devido à lógica do *entanglement*, ou seja, por estarem vinculados à distância. Outra diferença consiste em que, na física de Aristóteles, conhecer é sempre conhecer pelas causas. Conhecer é remontar dos efeitos às causas, a fim de averiguar por que a coisa é o que é. Por meio de inferências regressivas, se conhece a ordem das razões, que explica o encadeamento de causas até que a coisa venha a ser o que ela é *hic et nunc*. Mas a mecânica quântica não admite explicação determinista, visto que o conhecimento do estado inicial é apenas provável em relação aos estados progressos, assim como o estado futuro é provável em relação ao presente. Com a virada quântica, é negada a dupla ambição da filosofia da natureza em Aristóteles. Primeiro, não é possível remontar à essência causal de cada coisa, pois coexistem configuradas em um aparato, ao qual respondem as propriedades emaranhadas (*entangled*) de umas e outras (Mittelstaedt, 1998, p. 116-118). Segundo, tampouco é possível reconstituir passo a passo o percurso de determinação a partir de princípios primeiros, procedimento *verboten* dado o probabilismo inerente.

Para Descartes (2018; Schuster, 2013; Koyré, 1986), a verdade mesma se define pela coincidência de inteligível e visível. O critério da verdade está na evidência e clareza, à luz da razão. O órgão da visão assegura para o Sujeito a equivalência entre imagem e realidade, no enlace determinado

pela ação do *cogito*. Em contraposição ao ecletismo dos magos naturais da Renascença, Descartes rechaça qualquer física que ainda esteja atravessada de qualidades ocultas, propriedades complicadas e toda sorte de holismo finalístico. Deve ser depurada das conecções e hipóteses excedentes, para concentrar-se no solo evidente e seguro do mundo mecanicista. O esquema sensório-motor do mecanismo é claro e sem lacunas: corpos em movimento no plano geométrico, que colidem e interagem entre si, em sequência de causas e efeitos detectáveis e calculáveis. Com Descartes, as preocupações da Física devem recair sobre o espaço enquanto composição mecânica de extensões. A quantidade de movimento é definida pelas relações métricas dos corpos deslocados, sob o fundo homogêneo de velocidades e acelerações. Em suma, a natureza se permite desnudar as razões à maneira das máquinas, nas articulações entre vivo e engenho. Por isso, em Descartes, os autômatos servem de modelagens explicativas para a natureza miniaturizada. Avatar filosófico do século do Grande Mecanismo, a lógica do mundo cartesiano é de relojoaria, dando início à metafísica do cronológico, que desembocará três séculos depois em Einstein. Complexas engrenagens e nexos pelos quais os corpos se combinam, superpõem ou transformam o movimento, maquinando reações em cadeia no luminoso espaço extensivo. Os manequins e as bonecas não nos mergulham em alguma noite ameaçadora (como o farão no Romantismo), ao revés, expõem-nos um movimento mecânico de meridiana clareza, que homogeniza seres vivos e coisas inanimadas e assim mobiliza o universo. Em certa medida, a mecânica quântica é o avesso da mecânica cartesiana, na medida em que a Incerteza e a Complementaridade inviabilizam a composição mecânica de corpos delimitados com propriedades claras e evidentes em si mesmas.

O paroxismo da visão física mecanicista se dá com as teorias do Marquês de Laplace, no século XVIII (Hahn, 2004). O matemático, físico e filósofo francês elucubrou um experimento de pensamento com um Demônio onisciente, capaz de conhecer até o fundo os parâmetros de posição e momento de todas as partículas em dado instante do universo. Trata-se da visão de um Autômato Lógico, que inspiraria o projeto dos primeiros computadores por Ada Lovelace e Charles Babbage e percolaria o conceito de *Geist*, do Idealismo Alemão (Canales, 2020, p. 30, 31). Laplace conclui que qualquer estado de coisas passado ou futuro do universo se torna exatamente previsível pela dita entidade. O demônio de Laplace, por conseguinte, é possuidor da *formula universalis* com o que pode decodificar qualquer situação em qualquer ponto da linha temporal entre o nas-

cimento e a morte do universo. Em termos ontológicos, isto significa que o passado e o futuro estão contidos no presente, meros desdobramentos lógico-causais nas duas direções da linha do tempo. Somente não poderíamos prevêê-los por limitação do nosso conhecimento, mas, de direito, seria possível fazê-lo – hipoteticamente, com um supercomputador ou acesso ao intelecto divino. A concepção bergsoniana de tempo é uma resposta a essa concepção mecanicista-determinista, pois para Bergson o futuro não está contido *in potentia* no presente nem o passado pode ser deduzido da configuração presente das coisas no universo (Bergson, 2022).

O terceiro componente é a cosmologia newtoniana (Newton, 2008; Ghins, 1991; Sciama, 1963; Koyré 1986). Além da lei da gravitação universal, o diferendo de Newton em relação a Descartes consiste na definição lógica de um espaço e um tempo absolutos. Os corpos movem-se em relação uns aos outros, relativamente, como também em relação a um sistema de referência inercial. É o que explica, de acordo com Newton, o efeito centrífugo no movimento de rotação uniforme. Para utilizar o exemplo do próprio físico nos *Principia*, não houvesse um sistema inercial absoluto, como explicar que um balde cheio d'água entorne quando rotacionado no simples vácuo, sem qualquer proximidade com algum outro corpo? Newton erigiu o contrapiso metafísico para a cosmologia moderna: um espaço homogêneo que se estende idealmente em todas as direções, bem como um tempo que corre linearmente em toda parte, na seta do passado ao futuro. Tempo e espaço configuram o deslocamento que, elevado à segunda potência, se torna aceleração. Mesmo quando, no começo do século XX, Einstein teorizou sobre a relatividade do tempo e do espaço, em boa medida, não inovou em relação ao mobiliário metafísico newtoniano. A diferença filosófica da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) em relação aos *Principia* é que, nas teorias de Einstein, cada ente com massa possui um relógio próprio, um tempo seu. Mas isto *per se* não exclui que o tempo de todos os relógios, *no referencial local*, funcionem idênticos. O tempo não é um absoluto como na física newtoniana, mas não deixa de ser absoluto *localmente*, o que permite compará-lo ou mensurá-lo em relação a outros tempos. Isto é, a relatividade não implica o relacionismo, pois a natureza da relação prossegue existindo interna aos corpos (detém um tempo próprio) e não externa, uma relação que teria base ontológica em si mesma e independente dos corpos relacionados entre si. O localismo do espaço e do tempo é fundamental para a sistematização da Física por Einstein. Quanto à contribuição da Teoria da Relatividade Geral (TRG), Einstein estendeu ao sistema o postulado

de Ernst Mach, de que a distribuição de matéria pelo universo curva o espaço-tempo e responde pela aceleração dos corpos. O espaço-tempo é curvado pela gravidade, cuja tensão arrasta massa e energia, todavia, o espaço-tempo continua homogêneo e linear, espacializado (Bergson, 2006; Campo; Gozzano, 2022), já que é essencialmente uno e o mesmo, apesar da curvatura/tensão gravitacional. Dilata e contrai em função da velocidade (TRR) ou gravidade (TRE), mas o mesmo tempo dos relógios. O espaço-tempo einsteiniano não deixa de ser uma malha referencial ubíqua. A física einsteiniana é a culminância da newtoniana – não sua ruptura. É menos revolução do que reforma. Certamente, descortina-se um quebra-cabeça melhor e mais abrangente de fenômenos explicados pela física, mas nem por isso inaugura outro paradigma.

De todas as linhas de ruptura da mecânica quântica, o não localismo foi o que mais gerou consternação na comunidade de físicas. Einstein, por todos, reagiu desde a primeira hora, nos encontros entre os físicos na segunda metade da década de 1920. A Teoria da Relatividade cantava a glória de um universo racional e ordenado, como o Deus de Espinosa. A mecânica quântica parecia surrupiar o fogo radiante do modelo explicativo tão bem-acabado. Em especial, a Einstein causava estranheza a ação quântica à distância (Einstein; Podolsky, Rosen, 1935, p. 777-780), que o físico famosamente rotulou de *spukhafte Fernwirkung* ou “efeito fantasmagórico” (Einstein; Born, 1971, p. 158). Como, segundo a interpretação de Copenhague, uma partícula emaranhada (*entangled*) comunica informação à outra *instantaneamente*, devido à ocorrência de uma medição? Ou seja, a informação viaja acima da velocidade da luz, o que impõe um espaço não local, ou seja, um vínculo entre dois corpos independente do espaço-tempo, como que ligados mediante um atalho, um buraco de minhoca quântica. Porque, como previsto na TRG e comprovado por experimentos empíricos, mesmo as ondas gravitacionais se deslocam através do espaço-tempo à velocidade da luz ( $c$ ) no *medium*. Mesmo uma partícula despida de massa, como o fóton, que desconhece Cronos, não pode viajar mais rápido do que  $c$  medida no vácuo. Einstein tinha por certeza de que a velocidade da luz é a própria velocidade de causação, delimitando *ipso facto* o horizonte de toda ação possível, para tudo o que existe no universo. Fora desse esquadro, só haveria esoterismo e pseudociência.

O grande debate entre Bohr e Einstein exprime, dos dois lados, a experiência traumática de uma Física que não mais se referia à realidade das coisas, nem a corpos com propriedades intrínsecas, nem ao espaço-tempo modelado pela Teoria da Relatividade Geral. Einstein, obviamente,

não era ingênuo a ponto de negar as descobertas da mecânica quântica, nem deixava de reconhecer a vastidão do campo de suas aplicações tecnológicas e seu impacto ao futuro da humanidade. Ponderava, no entanto, que a ciência física não tinha ido longe o suficiente, que o essencial ainda estava por vir, quanto à interpretação do que significava. Até o fim da vida, Einstein dedicou-se a tentar terminar a “revolução inacabada” da mecânica quântica (Smolin, 2020), para esperançosamente integrá-la à física relativística e seu projeto mecanicista-visual de universo. Compreendia que àquela faltava algo, talvez um realismo mínimo.

A arte moderna instilou perseguições em todo espectro político-ideológico, durante os refluxos históricos que vão dos anos 1930 aos 1950. Tachada de formalista e burguesa pelos realistas socialistas na URSS, liberal e degenerada pelos fascistas da Europa Central e comunista e antipatriótica pelos macartistas nos EUA, para uns e outros representantes dos poderes constituídos era preciso restabelecer a representação comportada e edificante do trabalhador, da “raça sadia” e do cidadão de bem. Em 1937, dezessete obras de Paul Klee foram incluídas na exibição da “Arte Degenerada” (Barron, 1991), com cerca de outras 600 de artistas *avant-garde* como Kandinsky, Chagall, Kokoschka e Emil Nolde. O tour de execração organizado pelos nazistas por Alemanha e Áustria durou quatro anos e reuniu mais de três milhões de espectadores. Outros mais de cem trabalhos do pintor suíço terminaram confiscados em meio à guerra cultural nazista. Na Suíça, Klee continuou trabalhando na longa série de desenhos de seus anjos espantados, testemunhas do advento do intolerável, até a morte do artista em 1940. Vários físicos da mecânica quântica passaram por perseguição política nesse período, não tanto devido às teorias que elaboravam, mas pelo simples fato de serem judeus, como o próprio Einstein, emigrado para os Estados Unidos em dezembro de 1932.

A mecânica quântica, por sua vez, não foi suprimida nem considerada expressão de “raças esqueléticas”. Em vez disso, foi colocada a serviço da competição geopolítica, na forma de ciência do Estado, *Big Science* atrelada ao complexo militar-industrial (Kaiser, 2012). Os físicos passaram a caminhar com generais, industriais, políticos, e suas teorias paulatinamente penetraram nos avanços tecnológicos em que, no final do século XX, a civilização moderna se tornará imersa. No segundo pós-guerra, era ultrapassado o umbral da Idade Atômica. Os imperativos da Guerra Fria moldaram a atividade dos físicos, *scientia propter potentiam*, na contramão da cultura humanística e pacifista da mecânica quântica no período entreguerras, banhada em animados debates sobre parado-

xos, conjecturas e experimentos de pensamento. A atitude padronizada se tornou mais utilitária e instrumental: “apenas calcule!”. A revolução no pensar aos poucos se tornou um retrato na parede. A revolução copernicana chegava a seu encerramento e a atmosfera era de retorno ao sono dogmático da Física. Depois da hibernação da filosofia, veio a redespertar nos anos 1960, como concorda Rovelli, “pela influência da cultura hippie, fascinada pela estranheza dos *quanta*” (Rovelli, 2020, p. 66). É curioso como a mesma polpa de contracultura, orientalismo e experimentação psicotrópica – tantas vezes denunciada como parasitária da genuína física quântica e inclusive responsável por sua falsificação nas mídias de massa (Stenger, 1995) – tenha contribuído para resgatar a mecânica quântica das engrenagens da Guerra Fria.

Hoje vivemos sob o signo das catástrofes. Mudança climática irreversível, pontos de não retorno, desmatamento e savanização da Amazônia, pragas, pandemias, êxodos, a sombra da guerra nuclear. O drama ontológico da atualidade é o Antropoceno, a era em que os humanos se tornaram uma força geofísica global, enquanto a Terra ela mesma é uma força social massiva (Danowski; Viveiros de Castro, 2014). O tempo saiu fora dos gonzos e os acontecimentos se sucedem desafiando os nexos de causalidade. Construir uma visão de conjunto se torna quimérico. O “escândalo” da mecânica quântica nos fala de nossa própria atualidade: a ausência de solo firme ou coordenadas visuais nítidas, de futuro derivável do estado presente, e de uma imagem do mundo que faça sentido. O desafio é como fazer da mudança paradigmática dos problemas uma nova liberdade.

## Referências

- ALTHUSSER, Louis. Du matérialisme aléatoire. In *Multitudes* 2005/2, n. 21. p. 179-194.
- ARANTES, Otília Beatriz Fiori. Klee, a utopia do movimento. In *Revista Filosófica São Boaventura*, v. 12, n. 1, jan/jun. 2018. p. 21-42.
- ARISTÓTELES. *Metafísica*, org. Giovanni Reale. Milan: Bompiani, 2000.
- ARISTÓTELES. *La física*, org. L. Ruggiu. Milan: Mimesi, 2007.
- BARRON, Stephanie. *Degenerate Art: The fate of the avant-garde in Nazi Germany*. New York: Harry N. Adams, 1991.
- BERGSON, Henri. *Duração e simultaneidade: A propósito da teoria de Einstein*. Tradução de Carla Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 2006 [1922].

BERGSON, Henri. *A ideia de tempo*: Curso no Collège de France (1901-1902). Tradução de Débora Morato Pinto. São Paulo: Ed. UNESP, 2022.

BITBOL, Michel. L'aveuglante proximité du réel. *Critique*, n. 576, p. 359-383. Mai 1995.

BITBOL, Michel. *Philosophie quantique*. Le monde est-il extérieur. Paris: Mimésis, 2023.

BOHR, Niels. *Atomic theory and the description of nature*. Cambridge: Cambridge University Press, 1961.

BOHR, Niels. *The philosophical writings of Niels Bohr*, Vol. 3: Essays 1958-1962 on atomic physics and human knowledge. Woodbridge, CN: Ox Bow Press, 1995.

BOURNEUF, Annie. *Paul Klee: The visible and the intelligible*. Chicago: Chicago University Press, 2015.

BRAVER, Lee. *Groundless Grounds*. A study of Heidegger and Wittgenstein. Boston, MA: MIT Press, 2012.

BRÉZIN, Édouard. The inescapable strangeness of the quantum world. In D'ESPAGNAT, Bernard; ZWIRN Hervé. *The quantum world: philosophical debates on quantum physics*. Berlin: Springer, 2017, p. 1-30.

CAMPO, Alessandra; GOZZANO, Simone (org.) *Einstein vs. Bergson: An enduring quarrel on time*. Berlin: de Gruyter, 2022.

CANALES, Jimena. *Bedeviled: A shadow history of demons in science*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2020.

CHILDERS, Timothy. *Philosophy and probability*. Oxford: Oxford University Press, 2013.

COCCO, Giuseppe; CAVA, Bruno. *Enigma do disforme: neoliberalismo e biopoder no Brasil global*. Rio de Janeiro: Mauad, 2018a.

COCCO, Giuseppe; CAVA, Bruno. Le travail des lignes. *Revue Multitudes*, n. 70. Paris, 2018b. p. 195-200.

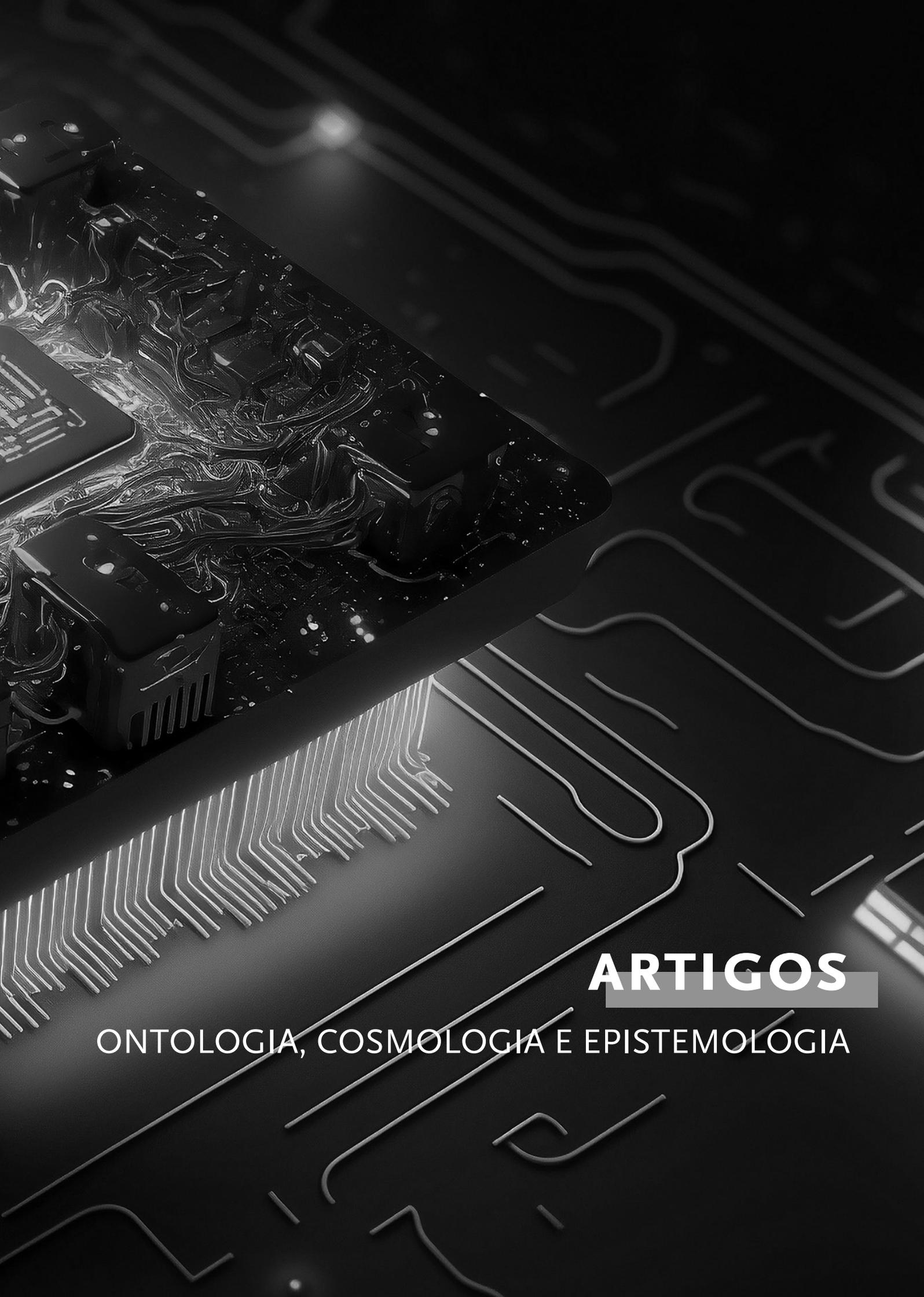
DANOWSKI, Déborah; VIVEIROS DE CASTRO, Eduardo. *Há mundo por vir? Ensaio sobre os medos e os fins*. São Paulo: ISA, 2014.

DESCARTES, René. *Discurso do método & ensaios*. Compilado por Pablo Ruben Mariconda. São Paulo: Ed. UNESP, 2018.

D'ESPAGNAT, Bernard. *Veiled reality*. An analysis of present-day – quantum mechanical and concepts. Boulder, CO: Westview Press, 2003.

- D'ESPAGNAT, Bernard. *On Physics and Philosophy*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2021.
- EINSTEIN, Albert; BORN, Max. *The Born-Einstein letters: correspondence between Albert Einstein and Max and Hedwig Born from 1916–1955, with commentaries by Max Born*. Macmillan, 1971. p. 158.
- EINSTEIN, Albert; PODOLSKY, B.; ROSEN, N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review*, Princeton, NJ, v. 47, 1935, p. 777-780.
- FEYNMAN, Richard P. *QED*. Milano: Adelphi, 1989.
- GHINS, Michael. *A inércia e o espaço-tempo absoluto*. Campinas: UNICAMP, 1991.
- HAHN, Roger. *Le système du monde: Pierre Simon Laplace, un itinéraire dans la science*. Tradução: Patrick Hersant. Paris: Gallimard, 2004.
- JAMMER, Max. *The conceptual development of quantum mechanics*. 2. ed. New York, NY: McGraw Hill, 1989.
- JUNIPER, James. Deleuze and the calculus. *Society of Heterodox Economics*, dez. 2006, p. 239-248.
- KAISER, David. *How the hippies saved physics: Science, Counterculture, and the Quantum Revival*. New York: Norton, 2012.
- KATSUMORI, Makoto. *Niels Bohr complementarity: its structure, history and intersection with hermeneutics and deconstruction*. Berlin: Springer, 2011.
- KLEE, Paul. *Théorie de l'art moderne*. Tradução Pierre-Henri Gonthier. Paris: Gallimard, 1998 [1964].
- KLEE, Paul. *Teoria della forma e della figurazione*, v. 2. Tradução Carlo Mainoldi. Milano: Feltrinelli, 1970.
- KOYRÉ, Alexandre. *Do mundo fechado ao universo infinito*, 2. ed. Tradução Donaldson M. Garschagen. Rio de Janeiro: Forense, 1986 [1957].
- KUHN, Thomas. *A estrutura das revoluções científicas*. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- KUMAR, Manjit. *Einstein, Bohr, and the Great Debate About the Nature Of Reality*. New York: Norton, 2010.
- LINDLEY, David. *Uncertainty: Einstein, Heisenberg, Bohr, and the Struggle for the Soul of Science*. London: Anchor Books, 2008.

- MICHELSON, Albert A. *Annual register*, jul. 1895 – jul. 1896. Chicago: Chicago University Press, 1896.
- MITTELSTAEDT, Peter. *The interpretation Quantum Mechanics and the Measurement Process*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- NEWTON, Isaac. *Principia – Livros II e III: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – O sistema do mundo*. São Paulo: EDUSP, 2008.
- PAULI, Wolfgang. *Niels Bohr and the development of physics: essays dedicated to Niels Bohr on the occasion of his seventieth birthday*. London: Pergamon Press, 1955.
- PETERSON, Aage. The philosophy of Niels Bohr. *Bulletin of the Atomic scientists*, v. 19, n. 7, 1963.
- PLOTNITSKY, Arkady. *Reading Bohr: Physics and philosophy*. Berlin: Springer, 2006.
- PLOTNITSKY, Arkady. *Niels Bohr and complementarity: An introduction*. Berlin: Springer, 2013.
- PLOTNITSKY, Arkady. *Reality without realism: Matter, thought and technology in quantum physics*. Berlin: Springer, 2021.
- ROVELLI, Carlo. *Helgoland*. Milan: Adelphi, 2020.
- SCHUSTER, John. *Descartes-agonistes: psycho-mathematics, method & corpuscular mechanism 1618-33*. Berlin: Springer, 2013.
- SCIAMA, Dennis. *La relatività generale: fondamenti fisici della teoria*. Torino: BMS, 1963.
- SERRES, Michel. *O nascimento da física no texto de Lucrecio; correntes e turbulências*. Tradução de Péricles Trevisan. São Paulo: Ed. UNESP, 2003.
- SMOLIN, Lee. *La rivoluzione incompiuta di Einstein: La ricerca di ciò che c'è al di là dei quanti*. Tradução de Simonetta Frediani. Torino: Einaudi, 2020.
- STENGER, Victor J. *The quantum uncounscious: Metaphysics in modern physics and cosmology*. New York: Prometheus, 1995.
- THOM, René. *Prédire n'est pas expliquer. Entretiens avec Emile Noël*. 2. ed. Paris: Flammarion, 1993.



# ARTIGOS

ONTOLOGIA, COSMOLOGIA E EPISTEMOLOGIA

# Metafísica semiótica como exelítica heurística<sup>1</sup>

André De Tienne<sup>2</sup>

**Resumo:** O termo *exelítica* é um neologismo criado de acordo com a terminologia do filósofo e semioticista Charles Sanders Peirce (1839-1914). Significa uma nova acepção para a ciência da evolução, do grego moderno εξέλιξη [exélīxē], que significa *evolução*. A partir desse neologismo, este artigo pretende analisar a obra de Peirce em algumas de suas principais facetas, notadamente em sua cosmologia, posicionando-a como uma precursora de alguns dos mais avançados debates contemporâneos da biossemiótica, da fisiossemiótica e da teoria quântica. A concepção exelítica de evolução presente em Peirce conduz as investigações acerca da cosmogênese em direção a uma cosmo-semiose. Esses percursos não seriam possíveis se não recorrêssemos às potencialidades que a metafísica apresenta à ciência. Por isso, este artigo pretende demonstrar a impossibilidade de redução da metafísica à epistemologia ou a mera substituição da primeira pela segunda.

**Palavras-chave:** exelítica; evolução; biossemiótica; fisiossemiótica; teoria quântica; cosmogênese; cosmo-semiose; epistemologia; metafísica.

---

<sup>1</sup> Exelítica, Neologismo cunhado de acordo com a ética da terminologia de Peirce, significando a ciência da evolução, do grego moderno εξέλιξη, “evolução”.

<sup>2</sup> André De Tienne é filósofo, especialista em Charles Sanders Peirce sobre o qual publicou grande número de artigos e Diretor do Peirce Edition Project na Universidade de Indiana, campus de Indianapolis.

## **Metaphysis, semiotics as exelitic heuristics**

**Abstract:** The term *exelitic* is a neologism created according to the terminology of philosopher and semiotician Charles Sanders Peirce (1839-1914). It signifies a new meaning for the science of *evolution*, from the modern Greek εξέλιξη [ekslyksee], which means evolution. Based on this neologism, this article aims to analyze Peirce's work in some of its main facets, notably in its cosmology, positioning it as a precursor of some of the most advanced contemporary debates in biosemiotics, physiosemiotics and quantum theory. The exilic conception of evolution present in Peirce leads the investigations about cosmogenesis towards a cosmosemiosis. These paths would not be possible if we did not resort to the potentialities that metaphysics presents to science. Therefore, this article aims to demonstrate the impossibility of reducing metaphysics to epistemology or the mere replacement of metaphysics by epistemology

**Keywords:** Exelitics; evolution; biosemiotics; physiosemiotics; quantum theory; cosmogenesis; cosmosemiosis; epistemology; metaphysics.

## Introdução

O antigo dualismo entre epistemologia e metafísica está morto. A desunião entre elas levou por muito tempo a uma sucessão de aporias conectivas, ao mesmo tempo engenhosas e dissimuladas. Peirce quase nunca usou a palavra “epistemologia”, mesmo sendo um dos primeiros “cientistas cognitivos”, como os classificamos hoje em dia. A razão profunda estava em sua conclusão inicial de que cognoscibilidade e ser eram termos sinônimos. Tudo o que é real é passível de investigação e, em última análise, explicável, se os métodos utilizados não se apoiarem apenas em andaimes simbólicos artificiais. Esta ideia implicava que, seja o que for o real, ele é feito, em princípio, de substância experienciável e inteligível, direta ou indiretamente. O real, portanto, nunca é um “dado”; ele é, antes, uma interrogação ativa. O real não é apenas aquilo que determina, mas também aquilo que impulsiona a investigação. Ele não instiga a crença, pois crença não é investigação, nem mesmo o fim da investigação (como objetivo ou termo). A questão é se o real é, em si, a investigação em ação.

Nas últimas três décadas, várias classes de cientistas, incluindo físicos e biólogos, tornaram-se suficientemente conscientes da semiótica, seja nas tradições europeia ou americana, para reconhecer que estavam embutidas nessas teorias lógicas que pareciam ser aplicáveis em suas próprias disciplinas. Isso foi especialmente evidente em cientistas que fizeram uma guinada em direção à lógica semiótica de Peirce, não só porque Peirce era ele mesmo um cientista, matemático e lógico (diferente dos seus colegas europeus), mas porque seu trabalho fazia especialmente sentido quanto à lógica da pesquisa científica. As teorias de Peirce sobre as três classes de inferências – abdução, dedução e indução – tinham a vantagem crucial de iluminar e corrigir os próprios métodos usados nas ciências – e por muito tempo esse foi o principal reconhecimento. Mas aos poucos foi crescendo uma consciência complementar, a consciência de que os objetos visados pela investigação se revelavam altamente sensíveis à investigação. Isso se tornou particularmente proeminente na mecânica quântica. A sensibilidade à investigação significava várias coisas: aquilo que está sendo investigado pode ser modificado pela investigação; também pode modificar essa investigação; e, especialmente, pode se comportar de acordo com os processos formais de investigação, seja por si próprio, coletivamente, ou ao longo de sua própria história evolutiva.

Vários cientistas teorizaram que a segunda lei da termodinâmica é fundamental para uma compreensão adequada da semiose em termos

peirceanos. Outros insistiram em uma conexão estreita entre processos tiquísticos (casuais) anancásticos (cegos e brutos) e até agapásticos (regrados por leis) de evolução aplicados à semiose e processos de formação de atratores fractais na teoria do caos. Mais recentemente, tem havido uma literatura crescente e muito séria sobre semiótica quântica. Dado que a definição de uma relação sígnica é idêntica à definição geral de investigação, há, portanto, a necessidade de mergulhar na metafísica da investigação e estimular sua ligação com a metafísica da evolução. Este artigo visa investigar a conexão entre processos inferenciais e semióticos de investigação e processos de evolução em uma perspectiva peirceana.

### Metafísica e epistemologia

Quão metafísica é a semiótica? Quão semiótica é a metafísica? Faço essa pergunta dupla, inspirada pelo título, para começar este artigo de forma um tanto provocativa. Como pretendo usar termos gregos ao longo deste artigo, permitam-me dizer que um dos principais objetivos é delinear o limite metafísico do que chamarei de *sêmios* – não *semeion*, porque preciso que a palavra rime de forma clara com outras, como caos, logos, cosmos, bios<sup>1</sup> e mitos.

Costumava haver uma divisão dualista entre metafísica e epistemologia. Essa divisão era claramente transmitida aos estudantes por meio dos currículos universitários e especializações acadêmicas, especialmente ao longo do século passado. Os alunos tinham aulas de epistemologia e, de maneira distinta, outras aulas de metafísica. Filósofos acadêmicos podiam estudar e ensinar ambos, ou se especializar mais em um ou outro, mas pensava-se que a distinção era clara. Ou estudamos a realidade pelo bem da própria realidade, o ser pelo próprio ser, e estamos fazendo metafísica. Ou estudamos como o conhecimento surge e se estabelece, e estamos fazendo epistemologia. Podemos conduzir ambas as atividades, mas não ao mesmo tempo, ou no mesmo periódico, ou na mesma sala de aula. Embora essa separação ainda ocorra e seja raramente questionada em muitos lugares hoje em dia, é um fato histórico que o dualismo que a sustentava começou a decair há muito tempo, tanto diretamente com o advento de filosofias pragmatistas como a de Peirce e outras reviravoltas monistas, quanto indiretamente com a erosão cética que veio da publicação contínua de uma miríade de artigos filosóficos infrutíferos, que se es-

---

<sup>1</sup> onde BIOS de forma alguma se refere ao acrônimo da computação “*Basic Input-Output System*”.

forçavam de forma engenhosa para resolver todo tipo de dilemas lógicos e analíticos provocados por uma postura dualista, sem jamais chegar a conclusões genuinamente robustas – não por falta de distinções, mas por falta de distinções adequadamente fundamentadas.

Suponho que os filósofos e pensadores que estudaram os escritos de Peirce têm uma verdadeira vantagem nos dias de hoje, em parte porque o método e o tipo de estudo que ele conduziu em múltiplos domínios nasceram de uma rejeição instintiva a posturas dualistas desde sua adolescência, e porque ele era um lógico com talento para observar e identificar padrões fundamentais de raciocínio e pensamento que ninguém havia percebido antes com tanto discernimento. Foi um tipo de discernimento tão paciente, tão cauteloso, tão antiapriorísticos e, portanto, tão destituído de filtros que as formas que emergiram desse escrutínio não sofreram da arbitrariedade residual das distinções herdadas de séculos de tradição. Há, de fato, uma robustez singular na análise de Peirce sobre estruturas lógicas profundas, que confere a essas estruturas uma qualidade invejável: elas não estão apenas ligadas ao seu nome, mas ao próprio objeto que as determina. Poucos filósofos falam da filosofia de Peirce como “peirceanismo”. Aqueles que o fazem, como uma simples pesquisa no Google revela, são invariavelmente estudiosos mal-informados que escondem sua preguiça heurística atrás de um rótulo desdenhoso inventado.

Ainda assim, existem várias outras tradições semióticas que permanecem alheias, ou não suficientemente interessadas, em uma fundamentação lógica robusta de seus métodos de análise. Como editor do *American Journal of Semiotics*, aumentei consideravelmente minha exposição às diversas tradições semióticas nos últimos anos, pois todas são bem-vindas nas páginas do periódico da *Semiotic Society of America*. Não discriminamos nesse sentido. Para tomar decisões informadas, fui levado a estudar o trabalho realizado por comunicólogos americanos, como Richard Lanigan (1992) e Isaac Catt (2017), cujo trabalho se baseia em grande parte na tradição fenomenológica de Merleau-Ponty ou o trabalho realizado no que foi chamado de semiótica cognitiva, cujos praticantes são também fortemente husserlianos, por exemplo, na Universidade de Lund, na Suécia (Jordan Zlatev é uma figura-chave) e na Universidade de Aarhus, na Dinamarca; ou o trabalho feito por um grupo crescente de biossemiosticistas, em grande parte intelectualmente conectados a Kalevi Kull e outros praticantes da biossemiótica no Departamento de Semiótica da Universidade de Tartu.

## A biossemiótica como limiar da semiose

O grupo internacional alocado em Tartu publica a revista *Biosemiotics* (2008ss.), realiza um seminário regular chamado *Biosemiotics Glade*, cujos principais integrantes incluem, além de Kalevi Kull e do falecido Jesper Hoffmeyer, figuras respeitadas como Don Favareau (que recentemente discursou sobre “Determinacy and Indeterminacy in Biosemiotics” de maneira extremamente intrigante para uma mente peirceana), Terrence Deacon, Claus Emmeche, Göran Sonesson e Jamin Pelkey; que também organiza uma conferência anual.

As menções acima e outras tradições e métodos semióticos me ensinaram que em todas elas as mesmas questões antigas ou preocupações filosóficas continuam ressurgindo em variadas formas que encontram expressão relevante em suas respectivas perspectivas. Esses espaços permanecem geralmente hesitantes quanto aos seus métodos, seus léxicos e suas teorias e hipóteses teóricas. Essa variabilidade e hesitação são claramente reconhecidas por seus representantes falibilistas, porém menos pelos animados pela convicção. Fortes convicções geram, às vezes, fortes oposições, e essas oposições são notáveis pelo que revelam sobre a lógica confusa do pensamento científico e filosófico.

Como o objeto deste artigo é sondar a metafísica da semiose – a questão sobre até que ponto os signos desempenham um papel na constituição da realidade – irei me concentrar apenas em uma oposição específica, que testemunhei várias vezes, incluindo durante a mais recente reunião anual da Semiotic Society of America, onde representantes destacados do International Communicology Institute rejeitaram por completo a relevância da biossemiótica, acreditando que a semiose simbólica genuína ocorre apenas dentro da espécie humana. Eles descartaram qualquer tentativa de biólogos de rastrear a raiz de nossas habilidades simbólicas no exame orgânico e bioquímico do comportamento intracelular e intercelular, ou na dialética de codificação e decodificação que ocorre entre DNA e RNA, ou ainda nas redes neurais. Justificam para a recusa o fato de que esses exames seriam reducionistas em seus métodos e, portanto, fariam uma injustiça grave a uma explicação mais específica sobre a riqueza e a complexidade da experiência humana. O ímpeto por trás desse desdém foi impulsionado, em parte, por uma combinação de logocentrismo linguístico e antropocentrismo. Também foi motivado pela preocupação genuína de que a semiose simbólica foi reduzida a descrições deterministas de reações em cadeia que governam a transformação

semiótica de algum *input* em algum *output*. Essa preocupação não é inútil nem arbitrária, pois já encontrei literatura que, por exemplo, tenta reduzir cada uma das tricotomias semióticas de Peirce a uma função binária simplista descrita meramente como a transformação de *x* em *y*.

No entanto, posso dar testemunho de que, entre os muitos biossemiotistas que li ou ouvi, nem todos são nominalistas reducionistas radicais. Os mais realistas não são poucos, e são filosoficamente mais sutis do que a oposição se permite admitir. Também descobri, sem surpresa, dadas minhas próprias tendências habituais, que aqueles biossemiotistas, que estudaram Peirce mais do que superficialmente, tendiam a manifestar uma sutileza mais bem colocada do que aqueles que não se importavam com Peirce ou aqueles que, embora jurassem lealdade a ele, na verdade falhavam em compreendê-lo nos detalhes que realmente importavam.

Como já sugeri, todos os lados buscam descobrir e entender a genealogia da semiose em geral e em particular. Afinal, todos estamos interessados em entender a raiz da consciência, e perguntar como o sêmios se origina tem sido válido desde 1865 (quando Peirce começou a desenvolver sua lógica e metafísica semióticas). Quer confinemos a semiose aos seres humanos, ou a ampliemos para os animais, ou ainda mais para insetos, plantas, formas microbianas de vida, bactérias, vírus, amebas, parece haver um consenso, pelo menos entre os biossemiotistas, aqueles que vinculam semiose com vida, ou sêmios com bios. Descobrir como bios condiciona sêmios e/ou vice-versa (pois a questão é um tanto obscura) é o que muitos biossemiotistas buscam. A biossemiótica inclui várias subáreas, como a endossemiótica, e a zossemiótica, das quais Thomas Sebeok (1991, p. 87-89, 100-15, 191-192) foi um grande representante e a fitossemiótica (na qual trabalhos fascinantes têm sido realizados).

Alguns biossemiotistas afirmam que a ligação entre Semios e Bios é definitiva. Com isso, querem dizer que a semiose começa com a vida. Enquanto não houver vida no universo, não há semiose ocorrendo. Alguns deles avançaram para o que pode ser um pensamento complementar: que os processos evolutivos no âmbito biológico são impulsionados, ao menos em parte, por padrões semióticos, ou padrões orgânicos que são mais adequadamente descritos usando um léxico semiótico. Alguns também avançaram com a ideia de que os processos evolutivos são melhor compreendidos não nos termos Wallace-Darwinianos de “sobrevivência do mais apto” (uma visão teórica de jogos, como Peirce a entendia), mas sim em termos de “resolução de problemas” – e, portanto, em termos de investigação, fundamentalmente, embora a investigação não se limite

apenas à resolução de problemas. Esta ideia é naturalmente algo que vale a pena investigar, pois a definição geral de Peirce da relação triádica do signo é equivalente à definição geral de qualquer processo de investigação: um Objeto desconhecido e cognoscível surge dinamicamente à atenção questionadora dos Signos que se encarregarão de solicitar Interpretantes para lançar qualquer luz hipotética necessária a fim de reconhecer o intruso estranho e carente. Se a evolução for concebida em termos de reconhecer a fonte de situações problemáticas e lançar processos semelhantes à investigação que propõem soluções salvadoras (que facilitam o futuro), então torna-se mais fácil argumentar que Semios é vital para Bios em qualquer extensão de tempo ou para qualquer termo.

### A fisiossemiótica e a quântica

Mas se *semios* não pode ser “pré-biótico” é algo questionável. Estaria sendo negligente se não mencionasse outra classe de cientistas contemporâneos – talvez um pouco menos vocais do que bio ou semióticos cognitivos – que vêm nutrindo um interesse na semiótica de Peirce ou em sua metafísica, e esses são os cosmologistas, físicos e mecânicos quânticos. No lado cosmológico, o bem documentado interesse de Ilya Prigogine na metafísica tiquística de Peirce conectou-a à teoria do caos, e isso continua sendo um campo de interesse de pesquisa, perseguido, por exemplo, por estudiosos como Jean Petitot e Peder Voetmann Christensen (1939–2016) desde 1985.

A mecânica quântica é relevante em parte porque os metafísicos analíticos contemporâneos transformaram-na em seu próprio santo graal profissional: a menor variação teórica gera o que eles imaginam a cada vez poder se tornar um tipo fundamentalmente novo de metafísica. Alguns estudiosos de Peirce foram atraídos pela possibilidade de explicar o comportamento quântico em termos semióticos. Na Texas Tech University, o falecido físico teórico Ralph G. Beil (†2008) aliou-se ao estudioso de Peirce, Kenneth Kettner, para formular uma “teoria triádica das interações de partículas elementares e da computação quântica”, uma teoria apresentada dois anos após o depósito da patente conjunta para a invenção do transistor, um dispositivo de comutação quântica a ser usado na computação quântica que funciona por meio de interações de partículas em vez de correntes elétricas.

Beil e Kettner conceberam partículas elementares como cadeias de signos ligados de alguma forma incorporados no espaço-tempo – estru-

turas triádicas que exibem ligações internas representando a história da partícula e conectando seu aspecto de Objeto (do signo) com seu aspecto de representamen (o signo em si, na relação que se torna triádica quando o Signo encontra um intérprete que o traduz em outro signo, o interpretante), ou ligações externas que ligam elementos Interpretantes de uma partícula interagente a outra, ambas observando como se fosse uma à outra, alterando os estados uma da outra e levando consigo uma interpretação da interação. O aspecto objeto-representamen da partícula é dito constituir um real existente, enquanto o aspecto de Interpretante para Interpretante constitui um real não existente.

Um membro atual do que está sendo chamado de nova Escola de Praga de Semiótica, Martin Máchaček, está seguindo essa linha de investigação em uma direção semiótica peirceana que pode ser promissora a longo prazo. Uma pesquisa no Google com a frase “semiótica quântica” (termo cunhado por Christiansen, que fundou a disciplina, se não estou enganado) traz um número crescente de resultados, com nomes como Stephen Jarosek, Ashish Dalela (“Quantum meaning: a semantic interpretation of quantum theory”) e Vern S. Poythress (“Semiotic analysis of the observer in relativity, quantum mechanics, and a possible theory of everything”, 2015).

Peder Voetmann Christiansen (1985) também realizou pesquisas semioquânticas semelhantes, a partir de meados da década de 1980 (em um tratado de 1985 sobre “A Semiótica da Não Localidade Quântica”, em uma série de artigos que buscavam maneiras cada vez mais robustas de contestar o conceito de não localidade, passando de explicações semânticas para explicações semióticas – o tipo de trabalho que continua a alimentar discussões em andamento sobre como estruturar uma metafísica semiótica capaz, por exemplo, de fornecer uma explicação melhor sobre o efeito da observação no comportamento das partículas do que, por exemplo, os proponentes do paradoxo EPR e seus detratores quanticistas conseguiram fornecer. Os outros trabalhos relevantes do mesmo autor são “The Semiotic Flora of Elementary Particles” (2003), “Peircean Local Realism Does Not Imply Bell’s Inequalities” (1990), “Quantum Semiotic and Interaction Bond Graphs” (1999), and “Axioms of Quantum Semiotic” (2000).

Vern S. Poythress (2005) deu uma contribuição a esse debate com o artigo “Semiotic Analysis of the Observer in Relativity, Quantum Mechanics, and a Possible Theory of Everything” e Martin Máchaček com o seu trabalho “The Peircean Interpretation of Probability in Quantum

Mechanics” de 2018. Os dois autores são membros do que está sendo chamado de nova Escola de Praga de Semiótica. Martin Máchaček está seguindo essa linha de investigação em uma direção semiótica peirceana que pode ser promissora a longo prazo. Um outro autor que publicou um trabalho sobre “Quantum Semiotics” é Stephen Jarosek (2017). Alguns autores preferem o conceito “semântica quântica” (Dalela, 2014) nos seus trabalhos sobre semiótica quântica.

A termodinâmica é outra disciplina da física que encontrou aplicações, metafóricas ou não, ao conectar os conceitos de trabalho e de entropia aos processos semióticos de investigação: ver, por exemplo, o artigo mais interessante de Kelley J. Wells (1997), “The Thermodynamic Metaphor, Overdetermination and Peirce’s Commitment to Realism”.

O fato de que a pesquisa em termodinâmica, mecânica quântica, física de partículas e cosmologia tenha assumido um interesse teórico tão ativo na relação triádica do signo, e assim no Semios, pode ser motivo de preocupação ainda maior por parte de nossos amigos comunicólogos. De fato, Peirce disse que “o universo inteiro – não apenas o universo dos existentes, mas todo aquele universo mais amplo, que inclui o universo dos existentes como parte, o universo ao qual todos estamos acostumados a nos referir como ‘a verdade’ – está permeado por signos, se não for composto exclusivamente de signos” (CP 5.448, R283, EP 2: 394, 1906). Mas isso não deveria justificar físicos ou metafísicos da física a disseminarem o conceito de Semios assim que identificam uma estrutura triádica em algum lugar. A preocupação, claro, é tomar uma metáfora ou uma analogia como realidade.

Quando Peirce escreveu sua observação sobre o universo estar permeado por signos, ele queria dizer por “universo inteiro” o universo da “verdade”, não limitado a uma representação tradicional do cosmos físico, mas composto pela indefinição e pela generalidade em ação dentro dele, não apenas como aberto à investigação, mas literalmente como “processo de investigação”, por assim dizer. Esse universo semiosicamente permeado serve como o pano de fundo contínuo do processo de generalização, uma propriedade simbólica dinâmica que, diferentemente da indefinição ou da vaguidade, “passa ao intérprete o direito de completar a determinação como ele quiser.” O que Peirce estava fazendo naquela famosa frase era reafirmar sua versão do realismo escolástico enquanto discutia a lógica do pragmatismo.

Foi também uma reafirmação sutil de seu lema de 1868, “cognoscibilidade e ser são termos sinônimos”: o universo é semiotizável – a se-

miotizabilidade e o real são “metafisicamente os mesmos”. Isso, no entanto, não implica que Semios poderia alguma vez representar o todo do ser, especialmente até o ponto de fundir-se com ele como seu objeto, pois, como argumenta Kelley Wells, nesse caso o Semios estaria totalmente espalhado, em um estado de equilíbrio termodinâmico onde nenhum trabalho é realizado porque a entropia é máxima. Tal Semios não estaria mais representando nada. De fato, como Wells diz, um objeto representado por si mesmo é não representado: torna-se um objeto incognoscível, ininteligível, insemiotizável, uma completa autocontradição. Representação requer trabalho, e trabalho implica uma teleologia de alcançar o objeto – embora nunca o alcance como tal, simplesmente porque qualquer tipo de trabalho gera entropia e, portanto, dissipação. A semiotização ou cognição sempre tem um custo<sup>2</sup>.

Devemos, portanto, considerar a possibilidade de que Semios preceda Bios, ou pelo menos a possibilidade de que a forma biótica de Semios tenha evoluído para suas posteriores manifestações cada vez mais “expressivas” em organismos cada vez mais complexos a partir de alguma protoforma de Semios.

Deve-se reconhecer que a fronteira entre vida e não vida é bastante nebulosa e confusa, quanto mais voltamos no tempo, antes do éon fanerozoico (a era da vida visível), na escuridão da era Proterozoica de dois bilhões de anos que encerrou o Pré-Cambriano na Terra – sem mencionar os nove bilhões de anos que separam o início da Terra do Big Bang.

## **A cosmologia e a origem do universo**

Quando Peirce começou a especular sobre a origem do universo, no final do século XIX, é importante lembrar que o universo não era maior do que a Esfera Celestial, o sistema estelar visível do qual a ainda pouco compreendida Via Láctea ocupava cerca de um sétimo a um décimo. A idade da Terra era estimada entre 20 milhões e 100 milhões de anos. Peirce especulou em 1878 que deveria haver outros aglomerados galácticos, mas a evidência só viria após sua morte. Ele entendeu, no entanto, que qualquer especulação quanto à idade do universo deveria se basear em uma ordem de cálculo diferente, uma vez que tal especulação precisaria considerar a própria origem do tempo.

---

<sup>2</sup> Wells (1997) fornece uma interpretação termodinâmica do lema de Peirce de 1868 que é convincente (p. 917-22).

Assim como a lógica procede da pergunta à resposta, e assim do vago ao definido, também procede a evolução (CP 6.191). Segundo Ibrí (2015), qualquer contínuo procede de um contínuo de maior generalidade. A realidade do tempo depende da realidade da lei. A condição inicial deve ser um estado de nada absoluto ou puro zero, nem negativo nem positivo, e anterior a qualquer primeiro. Esse zero puro, como tal, é germinal e, portanto, uma possibilidade ou potencialidade absolutamente ilimitada. A lógica de tal potencialidade ilimitada não implica nada necessário; apenas implica sua própria anulação. Mas o que significa anular o zero? Aplicar o poder do zero ao zero: dependendo da abordagem, o valor resultante pode ser 1, ou a base  $e$  do logaritmo natural, ou algum valor indefinido.

Anular uma potencialidade é fazer com que essa potencialidade se realize de alguma forma, caso contrário seria ociosa, embora não possa ser absolutamente ociosa, caso contrário não seria uma potencialidade desde o princípio: o indeterminável absolutamente indeterminado é uma autocontradição, pois sua indeterminação seria sua determinação. – Uma potencialidade anulada não é uma atualização, mas uma determinação: ela perde sua anonimidade e adquire algum tipo de identidade classificável: alguma qualidade, portanto algum primeiro. – “O zero da mera possibilidade salta para a unidade de alguma qualidade ‘pela lógica evolutiva’”, e essa lógica é a de uma inferência hipotética (CP 6.220). – Uma qualidade é um toque potencial de consciência (CP 6.221): com ela surge a possibilidade de ser sentida, e assim o potencial para uma dualidade. – Como tal, uma qualidade forma um contínuo unidimensional, e essa própria formação é indutiva, pois consiste em um arranjo do tipo da forma mais elementar de qualquer lei lógica: a lei da sequência lógica. – Dentro do contínuo qualitativo, essa lei equivale a uma relação geral de intensificação (NEM 4, p. 128). – A generalização implica representação. Qualidade generalizada é essencialmente representada. Sem ser representada em algo mais, ela não pode ser o que é. A qualidade, ou toque de consciência, que parece, e a consciência do qualia, que sente essa qualidade, agora são dois.

Não preciso continuar nessa linha, pois o que estou buscando é o nascimento evolutivo de alguma forma de SEMIOS. O que foi dito acima fornece um elemento chave disso: Peirce assume que uma “lógica evolutiva” está de alguma forma em ação desde o início. Ele não está sugerindo que essa lógica antecedeu o puro zero. Mas ele está implicando que tal lógica se desenvolveu como lógica a partir do puro zero e de sua anulação. A palavra “lógica” carrega, obviamente, a poderosa palavra

grega LOGOS. Pode, portanto, ser o caso de que a forma de SEMIOS que buscamos no profundo tempo pré-biótico talvez devesse ser chamada de LOGOS, em nome de uma distinção essencial, ou pelo menos de uma clarificação essencial.

Os biossemiotistas sustentam que qualquer coisa que esteja viva manifesta propriedades e potências semiósicas ativas, desde a ameba mais simples até o organismo mais sofisticado e cerebrante. Do ponto de vista de Peirce, há todas as indicações de que SEMIOS é de alguma forma mais fundamental do que a manifestação que assume no interior do vivo. Não é o caso que SEMIOS comece com a vida – com BIOS. O sinequismo lançaria dúvidas a esse respeito, porque descontinuidades abruptas tendem a interromper o progresso da investigação. Uma abordagem sinequística lançaria a hipótese de que BIOS é uma culminação gradual da semiose – chame-se de semiotização gradual – portanto, um estado de ser que manifesta SEMIOS de intensidade mais baixa a mais alta de diversas formas. No que diz respeito às manifestações de SEMIOS, no entanto, BIOS provavelmente não a monopoliza. Antigos pensadores (como Heráclito) eram propensos a usar o termo LOGOS para capturá-la. “No princípio era o Logos”, disse São João (o “evangelista ontológico”, nas palavras de Peirce<sup>3</sup>). Os primeiros teólogos acreditavam que São João se referia ao Filho de Deus ou à Segunda Pessoa com essa fórmula. Isso provavelmente reflete uma ingenuidade metafísica (e cosmológica). O João ontológico deve ter significado isso: LOGOS foi crucial no início. Sem LOGOS, Deus não teria como pronunciar seu Fiat criativo. Claro, essas pronúncias nunca tomaram uma forma linguística. O que importa é a compreensão subjacente: a lógica fundamental ou inteligibilidade do universo.

Peirce compartilhava totalmente esse sentimento. Quando ele olhou para o que seria necessário para entender a origem do universo (e, de forma mais geral, a origem de qualquer coisa), percebeu que tal origem só poderia ser compreendida se fosse inteligível e, portanto, de alguma forma interpretável desde o início. Essa origem, não importa qual fosse, precisava, portanto, ser cognoscível e, conseqüentemente, fundamentalmente representável ou semiotizável. E, de fato, era, pois, como ele explicou nos *New Elements* (NEM 4, p. 322-323), o nada do puro zero é “total indeterminação”. Mal tinha dito isso, ele de repente percebeu: “Mas apenas um símbolo é indeterminado!” E então a conclusão capital voou de sua pena: “Portanto, Nada, o indeterminado do começo absoluto, é um símbolo.”

---

<sup>3</sup> John I.I.: Ἐν ἀρχῇ ἦν ὁ λόγος, καὶ ὁ λόγος ἦν πρὸς τὸν θεόν, καὶ θεὸς ἦν ὁ λόγος. João 1:1: “No princípio era o Verbo, e o Verbo estava com Deus, e o Verbo era Deus.”

## Da cosmogênese à cosmo-semiose

A cosmogênese de repente se transformou em cosmo-semiose! O argumento chave era semelhante ao lema de 1868: se o ser é ser, então ele é cognoscível. Mas, então, ele deve ser representável. No entanto, se o ser em exame é o Zero primordial, qualquer tentativa de representá-lo deve exibir plena competência lógica ou adequação à tarefa. Deve, portanto, ser um tipo de representação que possa capturar a total indeterminação. E isso só pode ser um legissigno simbólico. Agora, se o Nada original é simbolizável, segue-se que qualquer coisa que o simbolize, como símbolo, é um interpretante daquele Nada. Mas, então, esse Nada não pode deixar de ser simbólico em si, de maneira extremamente indeterminada. Apenas a verdade dessa afirmação pode servir como ponto de partida da investigação. Não há outra maneira lógica correta de “começar um relato do universo”.

Precisamos lembrar que a essência de qualquer símbolo é que ele só pode alcançar ou exercer a simbolicidade determinando interpretantes que irão reconhecer e transmitir o que quer que esse símbolo represente, o qual foi de alguma forma determinado pela indeterminação em busca de anulação. Aqui também, uma lógica sequencial está em operação, uma que institui e constitui o que inicialmente pode ter sido, por um tempo extremamente longo, uma série meramente repetitiva de representações quase vazias, em sua maioria vagas e indeterminadas, constantemente “flutuando entre a vaguidade e a determinabilidade” – um flutuar que nunca perde o caráter de “representatividade” continuamente sustentado pela realidade genuína do Objeto. Essa representatividade é, portanto, real, e através dela o que se mantém é a inteligibilidade, e assim a promessa de seu próprio aumento, a promessa de maior determinabilidade, a promessa de que a “tabula rasa” ao longo do tempo se torne menos “rasa” se apenas porque a teleologia que define e atravessa a simbolização é que “tudo o que é representado deve ser concretizado” – o que significa que deve governar cada vez mais replicações determinadas que realmente se concretizem, ou tenham “efeitos reais”.

Peirce tem o cuidado de reconhecer que essa simbolização serial está sujeita a erros: nem todo interpretante simbólico gerado conseguirá permanecer fiel ao objeto conforme representado ao longo da cadeia de representações. Mas os erros são suscetíveis de serem corrigidos através da evolução contínua dessa simbolização, que é continuamente constrangida pelo mesmo objeto dinâmico que alimenta sua contínua determinação. É isso que permite Peirce afirmar que a própria entelégia do ser re-

side em ser representável. Um signo não pode nem mesmo ser falso sem ser um signo, e na medida em que é um signo, ele deve ser verdadeiro. Um símbolo é uma realidade embrionária dotada de poder de crescimento na própria verdade, a própria entelégua da realidade (EP 2, p. 324).

SEMIOS enquanto SEMIOS está destinado a ser verdadeiro, destinado a desempenhar seu papel no universo da verdade cuja verdade depende de tal perfusão semiótica integral. A partir dessa especulação semio-metafísica, temos então a liberdade de inferir que a origem já estava equipada com a capacidade de gerar todos os ingredientes que compoariam um processo simbólico triádico (e tricategorial). Disso segue que a geração simbólica de interpretantes teve de ter começado logo na origem do universo, muito antes de haver qualquer vida orgânica – mas isso não implica muito antes de haver qualquer coisa com uma mente.

Uma questão que vale a pena entreter brevemente é que tipo de símbolo “inaugural” poderia ter servido como representação “inicial” do puro zero (onde “inaugural” e “inicial” só podem ter um sentido lógico, uma vez que isso foi “antes” da origem do tempo). Uma resposta plausível é que tal símbolo era formalmente semelhante à cópula lógica.

Como Peirce mostrou em 1867, a expressão da cópula realiza e declara a simbolização que ocorre dentro de uma proposição que atribui alguma determinação a um sujeito. O sujeito é aquilo que é indexável mais ou menos definitivamente. O predicado é alguma determinação aplicável, alguma qualidade – algum qualissigno icônico. O que liga ou conecta um índice a um ícone é um símbolo que, como tal, manifesta uma forma proposicional, uma forma que “propõe” a referida conexão. Assim, “é”, como cópula, é um dos símbolos mais fundamentais, variável em forma.

Em 1894, Peirce concluiu um argumento teórico semiótico com a seguinte frase em latim: *Omne symbolum de symbolo* (EP 2, p. 10). Todo símbolo descende de um símbolo. Essa é a própria essência do processo de interpretação. Dizer que a cópula “é” funciona como símbolo mais fundamental (ou agente de simbolização) sugere que ela governa todos os outros símbolos ou atos de simbolização. Portanto, ela deve estar no cerne de qualquer processo de interpretação (ou semiose).

A próxima coisa a se ter em mente é que nenhuma proposição está isolada. Toda proposição é expressa dentro de uma sequência ou discurso, e assim é antecedida por proposições anteriores e seguida por proposições subsequentes, sejam elas proferidas ou não. No mínimo, toda proposição representa sua predecessora para a sucessora. A antecedência e subsequência dinâmicas nos levam de volta ao princípio primordial da

lógica, a sequência lógica. A cópula em operação dentro da sequência gerativa de símbolos é marcada pela preposição latina “de”. *Omne symbolum de symbolo* – e Peirce nos diz que o símbolo é aquele que se representa como sendo representado. Assim, todo símbolo envolve uma dupla dependência: ele depende do símbolo que precisa dele como interpretante, e depende do símbolo que ele mesmo precisa para seu próprio interpretante. O símbolo é, portanto, ao mesmo tempo:

1. uma cópula internamente – o vínculo que ele propõe como tal entre um indexável e um *quale*, e
2. uma cópula externamente – o “de” gerativo ou genealógico ou mesmo quase filogenético em ambas as extremidades, que é o signo do LOGOS sequencial/inferencial sem o qual a vaguidade não conseguiria se anular através de maior determinação. A origem do LOGOS está nesse “de” inaugural. Esse “de” é, por si só, um símbolo, totalmente processual e unidirecional, até mesmo ilativo.

Existem vários tipos de prefixos “de-”, mas o que aqui nos interessa não é o “de-” de desfazer, mas o “de-” de origem (descendente de ou em direção a, às vezes afastando-se de), como em dependência, derivação, dedução (em seu sentido lógico), descendência, devolução e até design (*de-signare*: significar, século VI). Não é meramente transitivo porque transmite a possibilidade de variação e incompletude, poder-se-ia até dizer de falibilidade. Portanto, transmite a dinâmica caótica da evolução.

O que então pode ter precedido o LOGOS cósmico? O puro zero, mas não diretamente, pois o puro zero, em si, é no máximo um logos potencial, mas antes disso é um CAOS potencial. E, de fato, o CAOS de qualidades é o que o nada germinal só pode produzir, e esse caos qualitativo é o caos dos primeiros, o caos de possibilidades determinadas, uma das quais é chamada atualizabilidade e outra generalizabilidade. O puro Zero é a pura *tabula rasa*, e, como tal, um símbolo em branco que fundamenta a possibilidade de simbolização. É o CAOS em uma forma puramente indeterminada. Pode-se ser tentado a chamá-lo de objeto dinâmico último, mas isso não é garantido: deve-se respeitar sua pura zeronidade. Como Peirce avançou em 1898, esse CAOS indeterminado, ao anular seus potenciais, gera (ou evolui para) o CAOS mais determinado dos primeiros desordenados. Esse último CAOS, por sua vez, torna-se terreno fértil para o LOGOS, conforme explicado no *Kosmos Noetos*. O que o LOGOS gera? Aquilo que não é mais caótico, mas organizado: COSMOS.

## O que se segue?

Uma vez que temos um COSMOS que continua se organizando cada vez mais, o que se segue? Áreas onde combinações complexas continuam se tornando cada vez mais complexas ou *con-volutas*, até que sua organização, por meio de uma generalização contínua, passe a voltar-se sobre si mesma. Peirce explicou em uma carta a Lady Welby (1904, CP 8.332) que a função essencial dos signos era tornar eficientes relações ineficientes: seu papel é estabelecer um hábito ou regra geral à qual as relações se conformarão (Wells, 1997, p. 920-921). Isso se manifesta, por exemplo, na descrição estatística de um grupo muito grande de moléculas que consegue capturar seu comportamento concertado probabilisticamente real. À medida que essa eficiência continua aumentando, em algum momento ela atinge alguma forma de autonomia, integrando seu próprio “nomos” em seu próprio tecido.

E assim é que BIOS surge, muito lentamente, na era Proterozoica, dentro da qual SEMIOS implementa todos os tipos de generalizações replicáveis habilidosas e sutis, incluindo as simbióticas. Entramos então no éon Fanerozoico, e o atravessamos época por época, do Paleozoico ao Mesozoico e ao Cenozoico. Movemo-nos pela era Cenozoica, período por período, do Terciário ao Quaternário, e depois por este último, época por época, do Pleistoceno até o Holoceno – nossa época atual, de 11.000 anos atrás. Mas já no Pleistoceno um novo passo na evolução de SEMIOS havia sido dado. SEMIOS começou a FALAR. Foi assim que o MYTHOS surgiu – MYTHOS, a linguagem que conta histórias, raciocina, infere, teoriza, discursa, fala, indaga verbalmente, explica as coisas em palavras de acordo com a experiência real e interpretativa, e conversa. Onde a lógica tradicional se concentra principalmente no raciocínio como MYTHOS o teria, com Peirce, a lógica como semio-lógica aspira estudar o LOGOS como tal.

Assim, a evolução de SEMIOS começou no CHAOS, seguida pelo LOGOS, depois pelo COSMOS, depois pelo BIOS, e finalmente pelo MYTHOS. Nossos amigos comunicólogos queriam manter SEMIOS dentro do alcance de MYTHOS<sup>4</sup>. Devemos admirar seu respeito sensato pela economia da pesquisa.

O título deste artigo, “Metafísica Semiótica como Exelítica Heurística”, assim finalmente encontra seu logos explicativo. A metafísica de SEMIOS é a história de sua evolução, e sua evolução é o seguimento de um processo que sempre foi, desde o início, um processo de investigação, de

---

<sup>4</sup> Vale notar que a regra da precisão se aplica a essa sequência. *Mythos* pode ser prescindido de *Bios*, *Bios* de *Cosmos*, *Cosmos* de *Logos*, e *Logos* de *Chaos*, mas não o contrário. Isso não implica, por exemplo, que possamos ter *Logos* sem *Chaos*, mas que é possível se especializar no estudo de *Logos* enquanto se negligencia *Chaos*, enquanto não se pode entender *Chaos* sem considerar para o que ele está destinado a levar.

heurística. *Exelixis* é a palavra grega moderna para evolução (uma palavra latina). A má concepção de Aristóteles sobre as substâncias secundárias conhecidas como espécies e gêneros o impediu de fazer evoluir a evolução. Fico feliz que a língua grega tenha alcançado. E agora oferecemos este novo nome para a ciência da evolução, *exelítica*, cuja excelência é ser semiótica de ponta a ponta, e uma boa companheira grega para a metafísica.

(Tradução: ChatGPT4 sob o comando de Fabiana Raulino;  
Revisão científica e técnica: Winfried Nöth e Lucia Santaella)

## Referências

- BEIL, Ralph G.; KETTNER, Kenneth L. *A Triadic Theory of Elementary Particle Interactions and Quantum Computation*. Lubbock, TX: Institute for Studies in Pragmaticism, 2006.
- BIOSEMIOTICS, v.1, n.1, 2008ss. Dordrecht: Springer.
- CATT, Isaac. *Embodiment in the Semiotic Matrix: Communicology in Peirce, Dewey, Bateson, and Bourdieu*. Madison, NJ: Fairleigh Dickinson University Press, 2017.
- CHRISTIANSEN, Peder Voetmann. The semiotics of quantum-non-locality, *Institut for studierne af Matematik og Fysik samt deres funktioner i Undervisning, Forskning og Anvendelser (IMFUFA)*, University of Roskilde, Paper n. 93, 1985.
- CHRISTIANSEN, Peder Voetmann. Peircean local realism does not imply Bell's inequalities. *Symposium on the Foundations of Modern Physics*, Joensuu, Finland, August 13-18, University of Turku, FTL-R183, 1990.
- CHRISTIANSEN, Peder Voetmann. The semiotic flora of elementary particles. Roskilde Universitet, IMUFA (=Institut for Studiet af Matematik of Fysik samt deres Funktioner i Undervisning, Forskning of Anvendelser), text nr. 417-24, 2003. Disponível: [thiele.ruc.dk/imfufatekst/pdf/417.pdf](http://thiele.ruc.dk/imfufatekst/pdf/417.pdf). Acesso: jan. 2025.
- CHRISTIANSEN, Peder Voetmann. Quantum semiotic and interaction bond graphs. Disponível em: <http://thiele.ruc.dk/~pvc/casys99.htm>, Acesso: oct. 2024a.
- CHRISTIANSEN, Peder Voetmann. Axioms of quantum semiotic, 2000. Disponível em: <http://thiele.ruc.dk/~pvc/axqusem.htm>, Acesso: outubro 2024.
- DALELA, Ashish. *Quantum meaning: A semantic interpretation of quantum theory*. Duarte, CA: Shabda Press, 2014.

HOFFMEYER, Jesper; KULL, Kalevi. Baldwin and biosemiotics: What intelligence is for. In: WEBER, Bruce; DEPNEW, David (eds.). *Evolution and Learning: The Baldwin Effect*. Cambridge, MA: MIT Press, 2002.

IBRI, Ivo. *Kósmos noétos*. São Paulo: Paulus, 2015.

JAROSEK, Stephen. Quantum semiotics. *Journal of Nonlocality*, Burnaby, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2017. Disponível em: <https://journals.sfu.ca/jnonlocality/index.php/jnonlocality/issue/view/13>. Acesso: out. 2024.

LANIGAN, Richard. *The Human Science of Communicology: A Phenomenology of Discourse in Foucault and Merleau-Ponty*. Pittsburgh, PA: Duquesne University Press, 1992.

MÁCHAČEK, Martin. The Peircean interpretation of probability in quantum mechanics. Resumo disponível em: <https://explorer.cuni.cz/publication/581626?lang=en&query=semiotic+animal>, 2018.

MARGULIS, Lynn; SAGAN, Dorion. *O que é vida?* Tradução: Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

NÖTH, Winfried. Varieties of nonhuman semiosis. In: QUARESMA, A. (ed.), *Artificial Intelligences: Essays on Inorganic and Nonbiological Systems*, 179-192. Madrid: Global Knowledge Academics, 2018.

SEBEOK, Thomas. *A sign is just a sign*. Bloomington, IN: Indiana University Press, 1991.

POYTHRESS, Vern S. Semiotic analysis of the observer in relativity, quantum mechanics, and a possible theory of everything. *Semiotica*, Berlin, v. 205, p. 149-167, 2015.

PEIRCE, Charles Sanders. 1931-1958. *The collected papers of Charles Sanders Peirce*, 8 vols., edited by Charles Hartshorne and Paul Weiss. Cambridge, MA: Harvard University Press., 1931-1958. (Referido como CP.)

PEIRCE, Charles Sanders. *The essential Peirce: Selected philosophical writings*. 2 vols. Houser, Nathan; Kloesel, Christian; Peirce Edition Project (Eds.). Bloomington: Indiana University Press, 1992; 1998. (Referido como EP seguindo do número do vol.)

PEIRCE, Charles S. *New elements of mathematics*, vols. 1-4, ed. Eisele, Carolyn. Bloomington, Indiana University Press, 1976. (Referido como NEM, seguido do no. do volume.)

PETITOT, Jean. 1985. *Morphogénèse du sens*. Paris: Presses Universitaires de France.

WELLS, Kelley J. The thermodynamic metaphor, overdetermination and Peirce's commitment to realism. *Transactions of the Charles Sanders Peirce Society*, v. 38, n. 4, p. 899-939, out. 1997.

[dx.doi.org/](https://dx.doi.org/)

10.23925/1984-3585.2024i2930p218-233

## Horror do vazio

Licensed under  
[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)Mario Novello<sup>1</sup>

**Resumo:** O universo estava condenado a existir. Para entender o sentido dessa afirmação é preciso considerar duas propriedades notáveis associadas à expansão do universo: o mecanismo de formação da matéria pelo campo gravitacional, induzindo o fenômeno de bifurcação no espaço-tempo, e a dependência das leis físicas com o tempo global produzindo a historicidade do cosmos. Partindo dos trabalhos de Friedman, Einstein, Gödel, Zeldovich, Penrose e Hawking, este artigo pretende analisar alguns desses mecanismos e os modelos cosmológicos associados a eles. O objetivo é demonstrar alguns problemas que a noção quântica de Vazio apresenta para o modelo de universo definido como *big bang*. E enfatizar como alguns aspectos da teoria quântica podem fortalecer a necessidade de leis cósmicas que transcendam as leis terrestres.

**Palavras-chave:** Vazio; quântico; singularidade; cosmologia; leis cósmicas.

---

<sup>1</sup> Mario Novello é Professor Emérito do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Doutor em Física pela Universidade de Genebra (Suíça, 1972). Em 1979 descobriu o primeiro modelo cosmológico sem singularidade representando um universo eterno possuindo *bouncing*. Em 2004 recebeu o título de Doutor Honoris Causa da Universidade de Lyon (França) por seus estudos sobre a origem do universo. É autor de inúmeros artigos científicos e dos livros *Máquina do tempo*, *Os sonhos atribulados de Maria Luisa*, *O que é Cosmologia?* e *Do big bang ao universo eterno* – publicados com grande sucesso pela Editora Zahar. Publicou também os livros *O universo inacabado* (Editora N-1) e *Os cientistas da minha formação* (Livraria da Física). Este último recebeu o prêmio Jabuti. Este ano publicou pela Editora Global o livro *Os Construtores do Cosmos*. Fundou e dirige revista eletrônica *Cosmos & Contexto* dedicada a pensar a cultura científica: [www.cosmosecontexto.org.br](http://www.cosmosecontexto.org.br). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4686-9313>. – E-mail: [mno-vello42@gmail.com](mailto:mno-vello42@gmail.com).

## **Horror of the void**

**Abstract:** The universe was doomed to exist. To understand the meaning of this statement, it is necessary to consider two notable properties associated with the expansion of the universe: the mechanism of formation of matter by the gravitational field, inducing the phenomenon of bifurcation in space-time, and the dependence of physical laws on global time, producing the historicity of the cosmos. Based on the works of Friedman, Einstein, Gödel, Zeldovich, Penrose and Hawking, this article aims to analyze some of these mechanisms and the cosmological models associated with them. The objective is to demonstrate some problems that the *quantum* notion of Void presents for the model of the universe defined as the *big bang*. And to emphasize how some aspects of *quantum* theory can strengthen the need for cosmic laws that transcend terrestrial laws.

**Keywords:** Void; quantum; singularity; cosmology; cosmic laws.

## **Quantum, fóton, cosmos: revoluções na física**

No começo do século 20 vimos o surgimento de duas teorias fundamentais: a relatividade e a quântica. Além delas, é possível perceber o surgimento de uma nova revolução em curso: a dependência cósmica das leis físicas. A Cosmologia, ao exibir essa variação das leis físicas com o tempo cósmico, está a exigir um profundo reexame da atividade científica, e impõe que a construção de uma representação do universo deve ser feita em comunhão com outros saberes.

## **Quando a cosmologia identifica virtual e real**

Virtual é sinônimo de possível, não se identifica com o real. Uma partícula/corpo virtual, segundo essa definição, não pode exercer ação sobre outro corpo. No entanto, na descrição quântica do mundo, isso acontece: uma partícula virtual pode ser intermediária de uma interação. Um fóton pode se transformar em um par de partículas, como por exemplo, um elétron e um pósitron – a antipartícula do elétron. No entanto, eles se recombina imediatamente e se fundem regenerando o fóton. Aquele par de partículas é considerado virtual, ou seja, não possui um tempo de existência suficiente para que seja observado. Não podemos apontar para esse par e dizer: “ali estão o elétron e o pósitron”. E, no entanto, em laboratórios terrestres se fazem, com frequência, centenas de experiências com esse par virtual. O exemplo mais notável dessas estranhas propriedades do mundo quântico leva à mais formidável conexão entre o virtual e o real: a origem do universo.

## **Friedmann ou o mito científico da criação**

No século 20 uma visão do universo como um processo dinâmico foi construída pelo físico russo Alexander Friedmann, tendo como ponto de partida a teoria da gravitação de Albert Einstein, a teoria da relatividade geral.

Embora esse modelo tenha tido uma excelente acolhida pela comunidade científica, ele possui uma dificuldade que limita sua descrição. As propriedades mais importantes desse modelo estão em bom acordo com as observações astronômicas, a saber:

1. Homogeneidade espacial em grande escala;
2. Isotropia;
3. Expansão do volume tridimensional.

Talvez devêssemos lembrar que não existe um só modelo de Friedmann, mas sim um número grande de diferentes cenários. Eles se distinguem basicamente pela caracterização da distribuição de matéria e energia no universo. O cenário de Friedmann possui uma única função do tempo cósmico, que é determinada pela densidade de matéria/energia existente. Para cada configuração material segue uma função temporal distinta para a evolução do volume espacial do modelo de Friedmann.

Os primeiros modelos construídos, por Friedmann e seus seguidores, constituíam distribuição descritas como um fluido perfeito e com uma equação de estado linear relacionando a pressão à densidade da matéria. No entanto, todos esses cenários exibem a mesma dificuldade: a presença de uma singularidade onde todas as componentes fisicamente observáveis assumiriam em um dado ponto o valor infinito.

### **O cenário do universo eterno**

Ao perseguir uma racionalidade sem limite para descrever o universo, fomos levados a examinar alguns processos que impedem a existência da singularidade. De qualquer singularidade, e, em particular, a mais indesejável, a da geometria do universo. Foi para eliminar essa dificuldade que construímos uma solução das equações da Relatividade Geral, distinta da proposta por Friedmann, um cenário mais realista, onde o universo, a partir de um estado fundamental, teria tido uma fase colapsante (na qual o volume espacial diminuiu com o passar do tempo cósmico) atingido um volume total mínimo – diferente de zero – passado por um *bouncing* e iniciado o atual processo de expansão. Qual seria esse estado fundamental que teria permitido essa configuração do universo? O vazio. Mas não o vazio da física clássica, mas sim o vazio quântico, um vazio cheio de potencialidades.

Ou seja, ao invés do modelo singular (*big bang*) – que impede a descrição racional completa do universo – devemos examinar as propriedades do modelo de universo eterno (*big bounce*) que permite ir além do momento extremamente condensado do universo, promovendo a análise do mecanismo de variação do volume total do espaço. Só assim é possível continuar com o programa instituído pelos pais fundadores da ciência do universo, como Kepler, Brahe, Newton e Galileu.

### **Modos de criação**

Começemos com os vazios. Esses vazios podem ser qualificados e se distinguem pelo que podem vir-a-ser, pelo que podem gerar. Para

cada partícula, se associa um dado campo e um vazio específico: vazio do campo eletromagnético, do campo do próton, do campo do elétron. Trata-se do vazio quântico.

Em meu livro *O que é Cosmologia* (2006) reproduzi uma anedota que o cientista russo Yakov Borisovich Zeldovich gostava de contar em uma tentativa popular de descrever esse vácuo quântico. Disse ele: Um jovem entra em uma lanchonete e pede um sorvete. O dono lhe pergunta: “Com que cobertura o senhor deseja?” “Nenhuma, não quero cobertura, só o sorvete de baunilha”, retruca o rapaz. “Sim”, continua o dono, “entendo, mas qual cobertura o senhor não quer que eu coloque em seu sorvete: o senhor não quer cobertura de marshmallow ou não quer cobertura de chocolate?”

Essa anedota exemplifica bem a questão da descrição do vácuo: ele só pode ser definido em relação a um certo espectro de estados possíveis dos quais o vácuo é um particular caso. Não é possível definir o vazio absoluto, sem referência a possíveis estados físicos acessíveis. Isto é, ao tratar o vazio como um estado realizável, é preciso *a priori* introduzir uma ordem formal na qual outros estados fisicamente possíveis poderiam ser ocupados.

Esses vazios não estão no mundo, isto é, não são diretamente observáveis em qualquer descrição do espaço-tempo. Eles são modos que os físicos construíram para descrever formalmente, processos reais de criação e destruição de partículas, embora tenham a propriedade que chamaríamos de real, pois podem gerar fenômenos observáveis.

Surge então a questão: como conciliar essa virtualidade com sua transformação em corpos reais? Dito de outro modo, quem pode excitar esses vazios e permitir o acesso ao que chamamos realidade? No estado atual de nosso conhecimento, o único responsável universal (isto é, capaz de gerar qualquer espécie de matéria) é o campo gravitacional, por sua universalidade e ação somente atrativa.

Sigamos a proposta da Teoria da Relatividade Geral e consideremos então que esse campo seja descrito por uma configuração métrica, satisfazendo uma dada dinâmica que determina sua evolução. Aparentados dessa forma, podemos elaborar um modelo de construção do mundo. A princípio precisamos somente de uma configuração de espaço e tempo sem matéria, até o momento em que o vazio se realiza e produz partículas materiais.

Precisamos somente de uma estrutura capaz de representar essa geometria sem fonte, sem origem. A não linearidade da gravitação permite sua existência, sem fonte, uma forma de geometria métrica satisfazendo

a equação da relatividade geral, representando a expansão da totalidade do universo, como na métrica descoberta pelo matemático estadunidense Edward Kasner, de um universo vazio de matéria, espacialmente homogêneo e anisotrópico.

### **Instabilidade do Vazio**

O vazio é um estado possível de ser associado a todo campo material, inclusive à geometria, conforme demonstrado por Kasner. Nosso interesse aqui é com o vazio quântico. A mais importante propriedade que nos atrai nessa incursão à estrutura do universo se prende à instabilidade do vazio. O sistema sai desse estado e produz seja matéria, seja uma pura geometria. Ato seguinte, a formação de pares virtuais de partículas, é excitada pelo campo gravitacional e se transformam em partículas reais. Cria-se o que chamamos matéria, sob diversas e diferentes formas. O universo se estabelece. A matéria reage sobre o campo gravitacional que deixa seu estado de vazio e adquire formas distintas e, em especial, como uma geometria onde o volume espacial varia com o tempo cósmico.

Questão: que tempo é esse? Quem determina esse tempo? Na geometria de Kasner (onde não existe matéria ainda), bem como no cenário de Friedmann e outros, trata-se de uma representação do espaço-tempo que imita a formulação newtoniana: três dimensões de espaço e uma dimensão de um tempo global. Enfatizamos que se trata de uma escolha de representação do espaço-tempo, isto é, como identificar eventos, acontecimentos, processos físicos no universo. Ou seja, não há nada intrinsecamente especial nesse tempo a não ser isso, uma imitação do modo newtoniano de descrever acontecimentos. Isso sempre é possível? Não. Um exemplo contundente é o modelo de universo de Gödel, onde é impossível definir um tempo global único para o espaço-tempo.

### **Viscosidade primordial e o fenômeno da bifurcação**

Nos primeiros momentos do renascimento da cosmologia nos anos 1970, a ideia de que flutuações do campo gravitacional podem criar partículas materiais começou a ser desenvolvida na União Soviética e nos EUA. Mais tarde outros grupos se envolveram nessa pesquisa. Embora algumas questões ficaram para serem resolvidas mais adiante (como a questão das divergências no modelo padrão de Friedmann) a possibilidade de examinar esse fenômeno em cenário com *bouncing* atraiu a atenção.

Havia, à época, somente dois cenários que não exibiam singularidades, possuindo *bouncing* e que permitiam a análise completa desse fenômeno de criação. A razão para isso é que esses modelos tinham uma forma para a métrica conformalmente plana particularmente simples, o que tornava possível o cálculo completo das questões associadas à variação do número de partículas e outras propriedades da teoria quântica de campos (TQC) nessas geometrias. A distinção desses dois modelos envolvia as propriedades da curvatura espacial, um deles sendo de curvatura constante positiva e o outro de curvatura constante negativa. O primeiro construído por cientistas da União Soviética e o outro por cientistas brasileiros. Eles se diferenciavam também no mecanismo pelo qual a singularidade era evitada.

O modelo dos russos envolvia um campo escalar como fonte da curvatura, enquanto o dos brasileiros se baseava na interação entre os dois campos de longo alcance, gravitação e eletromagnetismo, em uma forma não mínima. O exame da TQC nestes cenários trouxe à baila a questão viscosa, associada à distribuição de energia das partículas criadas pelo campo gravitacional.

Para compatibilizar a existência de um limite de interação entre diferentes partes do universo (associado à presença de um horizonte no modelo de Friedmann) com a causalidade, foi construído um cenário inflacionário – no qual o universo poderia ter passado por uma fase de aceleração de sua expansão e depois voltado à expansão convencional, sem aceleração. Como consequência, aquelas questões consideradas até então como fundamentais na descrição do universo em seus primórdios, foram deixadas de lado. Ou melhor, como se dizia então, foram transcendidas, perderam interesse. Isso se deveu em parte ao fato de que a região associada ao universo observável foi considerada limitada a um compacto domínio espaço-tempo inicial, devido à existência de um horizonte causal na solução de Friedmann, que teria sido posteriormente substancialmente dilatado.

No entanto, mais de trinta anos depois, algumas daquelas questões deixadas de lado, voltaram a interessar os cosmólogos. Dentre elas, a questão crucial da singularidade inicial que não foi resolvida pelo mecanismo de inflação, bem como o fenômeno de bifurcação. Foi graças ao mecanismo de *bouncing* ao permitir considerar novos modos de analisar a evolução do universo, que algumas daquelas antigas propostas voltaram a ser examinadas. Entre estas, uma particularmente atraente envolve a questão viscosa.

Com efeito, os cenários convencionais, desde a formulação original de Friedmann e mesmo o primeiro cenário estático de Einstein, trataram a distribuição de energia/matéria do universo como um fluido perfeito, envolvendo uma densidade de energia  $E$  e uma pressão  $P$ . Ademais, a relação entre  $P$  e  $E$  foi considerada como linear, ou seja,  $P = E$  onde a constante a deveria estar nos limites entre zero e um. Recentemente essa relação foi alargada para permitir o fenômeno da aceleração do universo que, neste cenário convencional de fluido perfeito, requer que a constante a possa ser negativa. Nestes cenários a entropia é constante.

No entanto, quando se leva em conta o mecanismo de criação de partículas pelo campo gravitacional, o fluido cósmico deixa de ter essa simples formulação e processos viscosos aparecem. Nas análises realizadas por cientistas do Instituto Landau da antiga União Soviética, ao final do século passado, a viscosidade gerada pela criação de partículas foi tratada como função do parâmetro de expansão (o que se convencionou chamar constante de Hubble) que mede a taxa de expansão do volume por unidade de volume. A caracterização do fluido cósmico como possuindo viscosidade não é exclusividade do mecanismo de criação de partículas. Os físicos que tratavam do exame de fluidos complexos sabiam de longa data que sua descrição pode depender da taxa de variação do volume com o tempo. Recentemente casos particulares dessa descrição viscosa voltaram a ser examinados com detalhes e alguns resultados notáveis então apareceram. Um deles diz respeito à questão singular. Fluidos viscosos podem gerar cenários onde o tempo de existência do universo é sensivelmente maior do que o descrito no cenário padrão gerado por um fluido perfeito.

Um outro resultado notável diz respeito ao processo que os matemáticos chamam de bifurcação. A argumentação pode ser descrita da seguinte forma. Usando a Relatividade Geral como teoria dominante para descrever os processos gravitacionais, as equações de evolução de uma geometria espacialmente isotrópica e homogênea, (considerando somente o caso mais simples) podem ser reduzidas a duas envolvendo as variáveis densidade de energia  $E$  e o fator de expansão  $H$ . Uma, caracterizando a lei de conservação generalizada da energia e a outra envolvendo a evolução do fator de expansão. As duas equações possuem forma matemática semelhante. Uma delas expressa o fato de que a derivada temporal de  $E$  é função não linear de  $E$  e  $H$ ; a outra, de modo semelhante, informa que a derivada temporal de  $H$  é uma (outra) função de  $E$  e  $H$ . Ao exibirmos essas duas equações nos damos conta de que elas constituem um sistema planar autônomo para essas variáveis  $E$  e  $H$ . O termo planar se deve

a que temos somente duas variáveis dependentes do tempo cósmico; o significado de autônomo se deve a que ambas derivadas não dependem explicitamente do tempo cósmico, mas somente implicitamente através das funções de  $E$  e  $H$ . Uma análise cuidadosa desse sistema permite mostrar que em certas circunstâncias, o fenômeno de bifurcação, onde o sistema deixa de ser previsível, aparece. Se este processo aconteceu no nosso universo uma dificuldade grande se introduz na cosmologia, podendo dificultar o conhecimento da evolução do universo. Ou seja, a introdução da viscosidade na descrição do fluido cósmico primordial, aparentemente uma propriedade natural e simples para generalizar a simplificada descrição de fluido perfeito utilizada no modelo padrão, gerou problemas inesperados para os cosmólogos, dos quais a bifurcação parece ser a questão mais delicada. Desse modo, é crucial entender como evoluem os processos viscosos primordiais. Ou seja, fomos levados a considerar o papel da história na própria constituição das leis físicas aplicadas ao cosmos, ou seja, levar em conta a sua dependência com o tempo cósmico.

### **Universo viscoso**

Em agosto de 1982, na conferência “Teorias Relativistas do Universo”, em Shangai, apresentei os resultados de um artigo que eu e minha colaboradora Ligia Maria Rodrigues havíamos feito no início daquele ano. Sem entrar em detalhes técnicos (ver Referências), vamos rever algumas conclusões daquele trabalho.

O campo gravitacional é capaz de criar partículas materiais a partir do vácuo. A questão, então, é: como descrever a distribuição energética espaço-temporal dessas partículas criadas? A resposta veio de antigas teorias dos fluidos usadas em diversos processos clássicos em que a viscosidade é um fator importante. Os detalhes estão descritos no artigo citado, mas podemos adiantar que sua energia se comporta como um fluido imperfeito com viscosidade.

Ao tratar dessa forma a distribuição de energia da matéria criada pela curvatura do espaço-tempo, usando a relatividade geral, as equações descrevendo esse processo são reduzidas a um sistema dinâmico planar. Uma análise desse sistema permite mostrar como aparece o fenômeno de bifurcação por meio do método introduzido há mais de um século pelo matemático francês Henri Poincaré.

Mostra-se, então, que, nas vizinhanças do ponto de bifurcação, o caminho de evolução depende de eventuais flutuações, perturbações que podem ocorrer e que têm caráter aleatório. Ou seja, para dar uma imagem

simples do que acontece, poderíamos dizer que o universo se torna hesitante e escolhe um caminho de evolução de modo fortuito.

Essa interpretação só ganha real significado se pensarmos em coleções de mundos em evolução, isto é, distintas configurações de universos possíveis. Somos, assim, levados a aceitar a historicidade, a dependência histórica das leis do universo, cuja evolução não se subordina às condições iniciais, quaisquer sejam elas.

### **Historicidade da ciência**

Enquanto o fenômeno da bifurcação se limitava a processos descritos em laboratórios terrestres, o alcance dessa indeterminação era controlável, isto é, se limitava a configurações especiais que não influenciariam além do limitado território da experiência de laboratório. Ilya Prigogine e Isabelle Stengers (1984) escreveram um belo livro associando essa historicidade das propriedades de certos fluidos em laboratórios terrestre, descritas por equações não lineares, à necessidade de aprofundar as consequências de uma possível bifurcação aos fundamentos filosóficos da ciência.

Ultrapassando esses processos químicos da ciência terrestre, a descoberta em 1982 de cenários possuindo bifurcação no universo, descritos pelas equações da teoria da relatividade geral, produziu uma dificuldade maior, ao exibir processos muito além daqueles que induziram Prigogine e Stengers a propor um contato mais estreito entre diferentes saberes para sua compreensão.

O que devemos concluir desse comentário é que o universo parece se organizar de modo a requerer, de tempos em tempos, uma liberdade que o rígido determinismo das leis físicas pretendia restringir. Isso, claro está, não impossibilita a elaboração de uma descrição racional completa do cosmos, mas provoca a necessidade de colocar a história no centro de toda análise cósmica em conformidade com o conhecimento científico atual que levou à certeza do caráter dinâmico da expansão do universo, implicando a alteração de suas propriedades globais com o passar do tempo cósmico.

Trazendo o fenômeno da bifurcação para a cena central da descrição da evolução do universo, a ênfase nesse caráter fundamental da história se torna mais explícita. Podemos inferir que o universo, sua dinâmica e a possibilidade de realizarmos uma descrição racional das propriedades globais do espaço-tempo, não estão determinados *a priori*, mas, sim, exigem o acompanhamento de sua evolução e o conhecimento das alternati-

vas que lhe são oferecidas aleatoriamente. Ou seja, assim como a história é essencial para a compreensão da sociedade humana, a verdadeira descrição do universo é histórica.

Essa propriedade se torna ainda mais evidente ao reconhecermos que as leis físicas terrestres ao serem aplicadas ao cosmos variam com o tempo, como comentamos acima. Dessa forma, a dependência das leis cósmicas com o tempo global, a existência do *bouncing* e sua relação ao universo eterno de origem na instabilidade do vazio, permite afirmar que a Natureza tem horror do vazio. Isso nos remete ao livro *A ideologia alemã*, onde Marx e Engels afirmam: “Nós só reconhecemos uma ciência: a ciência da história”.

## Conclusão

Em minhas palestras sobre cosmologia fazem-me insistentemente uma pergunta sobre a motivação pela qual uma grande maioria de físicos aceitou a identificação do momento de extrema condensação do universo, no valor mínimo do volume total do espaço, como se fora o começo de tudo. Ou seja, identificar o chamado *big bang* ao início do universo.

Em verdade, essa é uma questão que sai dos domínios da física e que deve ser respondida por um sociólogo ou por um historiador da ciência. De minha parte, posso apresentar as razões que levaram a mim e a vários cosmólogos a rejeitarem essa identificação simplista. Vamos começar por fazer uma breve revisão da interpretação de observações astronômicas ao processo de expansão do volume do universo.

O território para entendermos racionalmente essa expansão é a interação gravitacional, pois é ela que controla todo processo de descrição da geometria do espaço-tempo. A teoria que melhor descreve os processos gravitacionais ainda é a Relatividade Geral proposta por Albert Einstein há mais de um século. Segundo a solução descoberta pelo cientista russo Alexander Friedmann, essa teoria admite uma descrição da estrutura geométrica do espaço-tempo global como um processo dinâmico. Dito de modo simples, tudo se passa como se o volume tridimensional da totalidade espacial variasse com o tempo cósmico.

Essa solução de Friedmann passou a ser a explicação padrão do universo em suas grandes linhas, embora ela tenha uma característica extremamente desagradável: ela possui uma singularidade, isto é, em algum momento no passado, o volume total do universo teria sido reduzido a um ponto geométrico, seu volume seria literalmente zero. Como conse-

quência, todas as quantidades físicas relevantes (densidade de energia, temperatura etc.) atingiriam nesse ponto o valor infinito.

Ora, sabe-se de longa data que os físicos detestam infinito. Isto é, quando uma teoria admite uma solução na qual alguma quantidade física atingiria o inobservável valor infinito significa que essa teoria deve ser modificada, pelo menos nas proximidades da região onde esse valor infinito poderia ocorrer. Se essa singularidade existisse realmente em nosso universo, isso significaria que o programa de análise racional do universo, iniciado no século XVI por Brahe, Kepler, Galileu e outros não poderia persistir. O universo seria “irracional” em seus momentos mais importantes, em seus “primórdios” do qual tudo o que seguiu deveria estar dependente.

Essa situação não é exclusiva da força gravitacional, mas é geral. Lembro de uma situação semelhante na época de meu mestrado. Em 1968, meu orientador de dissertação de mestrado, o professor José Leite Lopes, sugeriu como tema eliminar as divergências – os infinitos – que aparecem ao longo da linha de universo do elétron na teoria eletromagnética de Maxwell. Eu lhe perguntei por que razão ele estava interessado em suprimir essa singularidade. Ele respondeu mais ou menos o seguinte: se você tiver uma teoria que permite um processo que tenha um valor infinito, você está em dificuldades mais sérias do que se violar a segunda lei da termodinâmica, o que, para um físico, é um escândalo formal.

Segue então a pergunta: como essa ideia de singularidade do modelo cosmológico de Friedmann se sustentou? Por que ela dominou a interpretação dos momentos iniciais da atual fase de expansão do espaço-tempo global? Em um primeiro momento, aqueles que consideravam essa singularidade extremamente desagradável, argumentavam do seguinte modo. Essa solução de Friedmann, embora realmente descreva uma parte da história do universo, muito possivelmente não descreve toda sua história. Isso talvez esteja relacionado às simetrias exageradas que essa solução possui. Outras soluções, com menos simetria, poderiam possivelmente descrever melhor aquela região onde o modelo de Friedmann prevê uma singularidade.

Com efeito, como as equações da relatividade geral são bastante difíceis de serem resolvidas, os físicos procuram simplificar as propriedades que uma solução deveria ter. Por exemplo, o cenário de Friedman descreve um universo espacialmente homogêneo e isotrópico. Então, se dizia, possivelmente a origem dessa singularidade estaria relacionada a essas simetrias e um universo com menos simetrias, talvez mais realista, pode-

ria contornar essa situação e exibir uma geometria sem singularidade, e igualmente adaptável às observações astronômicas.

Essa argumentação dividia os físicos. Foi então, ao longo dos anos 1960 que apareceram argumentos matemáticos sob formas de teoremas, que derrubaram por terra essa argumentação. Com efeito, os teoremas pretendiam mostrar que em situações bastante gerais, independentes de existência de simetrias, a singularidade seria inevitável. Esses chamados “teoremas da singularidade” foram propostos por Penrose, Hawking, Ellis e outros. Penrose os apresentou em conferências em 1964 em Les Houches (França) e na conferência Battelle (1967).

Embora esses teoremas sejam bastante sofisticados para serem expostos aqui, a essência deles pode ser resumida, pois a inevitabilidade da existência de uma singularidade nas equações da gravitação ocorre se forem válidas as seguintes condições:

1. A geometria do espaço-tempo é descrita pelas equações da Relatividade Geral;
2. A interação entre a matéria (sob qualquer forma) e a gravitação é feita através de um acoplamento mínimo;
3. Ausência de pressões muito negativas (os valores da energia + pressão devem ser iguais ou maiores do que zero);
4. Os caminhos dos fótons não podem desaparecer do espaço-tempo.

Esses teoremas, de difícil demonstração, envolvendo considerações globais, para além das convencionais e usuais estruturas matemáticas de equações diferenciais usadas pelos físicos, transformaram a existência possível do cenário cosmológico de Friedmann como inevitável para a grande maioria dos físicos. A acreditar no cientista russo Vitaly Melnikov, esses teoremas nada mais são do que um “tigre de papel”. Isto é, a singularidade parece ter sido demonstrada como inevitável, mas isso nada mais é do que uma cortina de fumaça.

Onde reside o ponto fraco dos teoremas? Principalmente nos itens 2 e 3 e, em especial, na hipótese de que a interação da matéria com a gravitação não envolve nenhuma função da curvatura do espaço-tempo. Essa característica é válida na superfície da Terra e em suas vizinhanças porque o campo gravitacional nessa região é fraco. No entanto em domínios onde a intensidade gravitacional é muito forte, por exemplo, na região extrema-

mente condensada do universo, não se pode negligenciar a ação da gravitação através de sua curvatura. Ou seja, as condições de aplicabilidade dos teoremas não seriam então cumpridas.

Foi exatamente dessa forma, examinando os efeitos da curvatura do espaço-tempo sobre o processo de interação com a matéria que modelos cosmológicos sem singularidade, exibindo o fenômeno de *bouncing*, que em 1979 apareceram as primeiras soluções analíticas das equações da Relatividade Geral descrevendo universo sem singularidade, eterno.

Os brasileiros do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas do Rio de Janeiro (Novello e Salim) usaram acoplamento direto com a curvatura entre os fótons e a gravitação; os russos do Institute of Gravitation and Cosmology de Moscou (Melnikov e Orlov) usaram outra forma de interação direta entre um campo escalar de longo alcance e a curvatura. Os detalhes dessas propostas foram apresentados em várias ocasiões citadas nas Referências. Nesses cenários com *bouncing*, o universo teria uma fase de colapso seguida de uma fase de expansão. No momento de transição o volume do universo teria um valor muito pequeno, mas diferente de zero, significando a ausência de singularidade.

Dez anos depois (1989), os principais sustentadores e divulgadores do *big bang* (Hawking e Penrose) propuseram modelos cosmológicos sem singularidade, o que finalmente despertou a curiosidade da comunidade científica brasileira para esses tipos de universo. Entretanto, os meios de comunicação (exceto algumas revistas americanas como *Quanta Magazine*) continuam a identificar o ponto máximo de condensação do universo ao seu “começo”.

Por que essa necessidade de imaginar um começo irracional do universo? Questão de difícil resposta. Duas estudantes de física (Mariana Milani e Camila Hardt) que durante um ano examinaram comigo diversas questões de cosmologia, se interessaram por investigar essa razão, dedicando-se à tarefa de entender os argumentos dos físicos e, complementarmente, a motivação das pessoas que organizam os meios de divulgação. Eu também me perguntava com frequência, por que os cientistas aceitam propagar ideias sobre o começo do mundo via *big bang*, quando essa é uma matéria já bastante ultrapassada pelos cosmólogos.

Entendi um pouco a posição da comunidade científica quando em uma de minhas visitas à Universidade de Lyon (França) para dar conferências sobre o cenário do Universo Eterno tive um diálogo esclarecedor com meu colaborador francês, o físico Edgar Elbaz. Explico o que aconteceu. Uma noite fui convidado a dar uma palestra sobre o estado atual da cosmologia no anfiteatro da prefeitura para o público em geral, a grande

maioria de profissionais de outras áreas, principalmente filósofos, pois esse evento tinha sido organizado por um professor de filosofia. Nessa noite, eu e Elbaz, fomos a pé da Universidade para o auditório. No caminho para o local da conferência aconteceu o seguinte diálogo.

“Escuta, Novello, eu conheço bem a tua crítica ao modelo convencional *big bang*. Mas, veja bem, eles não vão entender o que você pensa sobre isso. O *big bang* já está em todas as páginas dos jornais, nas reportagens da televisão, em todos os meios de divulgação. Se você começa por dizer que o *big bang* não foi o começo do universo e que o universo teve um começo há muito mais tempo do que o cenário convencional, eles vão perguntar o que aconteceu então para o universo existir?” “Ótimo”, eu disse, “essa é uma boa pergunta. Podemos responder a isso”. “Sim, mas se depois você comentar tua proposta de que o universo não podia não existir devido à instabilidade do vazio quântico, eles vão perguntar o que é isso”, ele respondeu. “Ótimo”, eu disse, “eu posso explicar de modo simples essa ideia”.

Dessa conversa, entendi que a comunidade científica preferia passar ao público de não especialistas uma imagem simplista aceitando que essas pessoas não entenderiam uma explicação mais realista, mas mais complexa. Creio que essa é uma atitude bastante temerária. Isso porque, depois de instalada na cabeça das pessoas essa identificação do *big bang* com o “começo de tudo”, fica extremamente difícil que se aceite uma outra explicação, mesmo que mais racional e contando com o aval dos cientistas especialistas.

A principal argumentação daquela minha palestra pode ser resumida da seguinte forma. A instabilidade do vácuo quântico, um vazio cheio de opostos que se cancelam, está na origem da explicação do Universo Eterno. Nesse cenário, o estado final é semelhante ao estado inicial, ou seja, uma enorme quantidade de matéria e antimatéria que se cancelam produzindo um vazio no mundo quântico. Isso tem uma notável consequência: a possibilidade de existir ciclos no universo. Ou seja, a instabilidade do vazio leva a afirmar que o universo estava condenado a existir. O universo não podia não existir.

## Referências

NOVELLO, Mario. *O que é cosmologia?* Rio de Janeiro: Zahar, 2006.

NOVELLO, Mario. *Do big bang ao universo eterno*. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

NOVELLO, Mario; BERGLIAFFA, Santiago. Bouncing Cosmologies. *Physics Reports*, v. 463, 2008, p. 129-213.

NOVELLO, Mario; DUQUE, S. L. S.; TRIAY, R.; FLICHE, H. H. (Centre de Physique Theorique Luminy Marseille; 4 nov. 1992): Phase transition in nonlinear viscous cosmology. *Physical Review D* 47, 8, 15 abril 1993.

NOVELLO, Mario; D'OLIVAL, J. B. S. Nonlinear viscous cosmology *Acta. Physica Polonica*, v. B11 (1980), p. 3-13.

NOVELLO, Mario; OLIVEIRA, H. P. de; SALIM, J. M.; TORRES, J. Viscous causal cosmology. *Acta Physica Polonica*, v. B21 (1990), p. 571-579.

NOVELLO, Mario. *O que é cosmologia? A revolução do pensamento cosmológico*. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.

NOVELLO, Mario. *Os construtores do cosmos*, org. da Série Mario Novello por Rodrigo Petronio. Posfácio: Rodrigo Petronio. São Paulo: Global, 2023.

[dx.doi.org/](https://dx.doi.org/10.23925/1984-3585.2024i2930p234-250)

10.23925/1984-3585.2024i2930p234-250

Licensed under  
[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Estruturas fechada e aberta ... e vice-versa:

### axiomas da matemática no debate entre a ontologia de Deleuze e Badiou

Leandro Tibiriçá de Camargo Bastos<sup>1</sup>

**Resumo:** Os debates polarizados sobre a hermenêutica do século vinte deixaram marcas importantes na filosofia moderna e, até certo ponto, conservam sua relevância. No entanto, com avanços científicos feitos no século vinte, como a física quântica e o desenvolvimento da teoria de conjuntos como uma base comum para toda a estrutura matemática, pode-se perceber mudanças importantes no lugar das marcações teóricas contemporâneas. O presente artigo é uma tentativa de expor essas mudanças a partir da discussão de um texto de Brian Massumi em que ele expõe elementos da ontologia de Gilles Deleuze e Félix Guattari, elementos esses que serão confrontados com o pensamento de Alain Badiou. O ensaio de Brian Massumi será comentado de maneira sequencial e parcial, já que em determinados momentos, intervenções terão que ser feitas de modo detalhado, impossibilitando um comentário completo. O resto do texto será comentado em outra ocasião, assim como suas possíveis implicações em nível ontológico, hermenêutico e político.

**Palavras-chave:** ontologia; axiomas da matemática; Deleuze; Badiou.

---

<sup>1</sup> Pós-doutor em literatura inglesa pela Universidade de São Paulo, atualmente no seu segundo pós-doutorado na mesma área. Autor do livro *Dido, Rainha de Cartágo: como Christopher Marlowe influenciou Shakespeare e nossa noção de gênero*, lançado pelo Departamento de Letras Modernas da USP, disponível em seu site. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1501-9512>. E-mail: [leandrotcb@hotmail.com](mailto:leandrotcb@hotmail.com).

## **Closed and open structures ... and vice-versa: Axioms of mathematics in the debate between Deleuze and Badiou's ontology**

**Abstract:** The polarized debates on twentieth-century hermeneutics left important marks on modern philosophy and, to a certain extent, retain their relevance. However, with scientific advances made in the twentieth century, such as quantum physics and the development of set theory as a common basis for all mathematical structure, important changes can be seen in the place of contemporary theoretical markings. This article is an attempt to expose these changes based on the discussion of a text by Brian Massumi in which he exposes elements of the ontology of Gilles Deleuze and Félix Guattari, elements that will be confronted with the thought of Alain Badiou. Brian Massumi's essay will be commented sequentially and partially, since at certain moments, interventions will have to be made in detail, which makes a complete commentary impossible. The rest of the text will be discussed on another occasion, as well as its possible implications at the ontological, hermeneutical and political levels.

**Keywords:** ontology; axioms of mathematics; Deleuze; Badiou.

No dia 3 de julho de 2020 foi publicada uma reportagem sobre um experimento que não chamou muita atenção, mas que talvez, um dia, seja citado como um exemplo das mudanças da ontologia no século XXI. O título do artigo já é bastante revelador: “Experimento mostra que não há fronteira entre mundo quântico e mundo clássico”. A reportagem fala sobre um artigo publicado na revista *Nature* 583 (2020), intitulado “Quantum correlations between light and the kilogram-mass mirrors of LIGO”, de Haocun Yu *et al.* Nos laboratórios LIGO, nos Estados Unidos, foram feitos experimentos para medir ondas gravitacionais. Para atingir esse objetivo, construíram-se espelhos que medem o tempo que um feixe de raio laser demora para percorrer túneis do laboratório depois de ser refletido. Nesse processo, quando as ondas gravitacionais se refletiram no espelho de 40 quilogramas, a flutuação quântica decorrente o moveu por  $10^{-20}$  metros. Para se ter uma ideia de escala, um átomo de hidrogênio possui  $10^{-10}$  metros. Segundo os autores do artigo, isso acabaria “jogando por terra teorias que propunham que algo deveria suprimir os efeitos sobre o mundo clássico”.

A mudança hermenêutica a qual nos referimos acima diz respeito à oposição entre o que poderíamos chamar, de maneira geral, de filosofias da diferença e filosofias da dialética. No primeiro grupo, estariam Nietzsche e as escolas de pensamento a ele devedoras em maior ou menor grau, como o existencialismo e o pós-estruturalismo. No segundo, estariam os herdeiros de Hegel, como os marxistas e, em abordagens mais historicamente orientadas, aquelas que englobem projetos de ação política de resistência, como algumas formas de nacionalismo do terceiro mundo, além de projetos que adotem o termo “nação” como um conceito. Essa é uma discussão de problematizações cruzadas, já que, como demonstraram Negri e Hardt (2001, p. 131), posições que, normalmente, são creditadas a um dos lados, podem ser assumidas pelo outro dependendo das circunstâncias, num efeito de reflexo invertido do tipo caixa escura. Em outra ocasião faremos uma reflexão específica sobre isso. O que nos interessa aqui é tentar apontar alguns efeitos de estudos contemporâneos sobre essa discussão, particularmente da matemática e da física. Um primeiro é que a discussão passa para um lugar mais formativo, estrutural, do que simplesmente numa oposição entre dois pólos. Um exemplo seria a diferença, na física quântica, entre a teoria do colapso espontâneo e a do multiverso. No primeiro caso, a indeterminação, o arbitrário, o vazio, é colocado no próprio tecido da realidade, através do desaparecimento injustificado de um elétron. No segundo, os mesmos elementos são colo-

cados para fora do tecido do real, através da multiplicação do mesmo para outras dimensões incomprovadas. É esse tipo de diferença sistêmica que iremos discutir. Para isso, exporemos categorias matemáticas desenvolvidas filosoficamente por Alain Badiou em *O Ser e o Evento* e as utilizaremos para comentar trechos de um livro de Brian Massumi (1992) sobre o pensamento de Deleuze e Guattari.

De maneira muito simplificada, podemos dizer que a noção de conjunto cantoriana, pelo menos aquela que será mais largamente aproveitada por Badiou, é de que estamos o tempo todo falando de múltiplos compostos de outros múltiplos. Mesmo o que chamamos de vazio seria apenas um regime de multiplicidade inconsistente, não apresentada ao pensamento. “Inconsistência” e “apresentação” estão, por isso mesmo, entre os conceitos fundamentais de Badiou. Entre essas duas categorias temos um outro conceito: o de “genérico”. No genérico temos o elo fundamental entre a matemática e a filosofia, porque é nele que se manifesta o que na matemática é um “descompasso interior”, mas na filosofia vai se manifestar como categoria fundadora: o vazio.

Foi finalmente ao acaso de pesquisas bibliográficas e técnicas sobre o par discreto/contínuo que passei a pensar que era preciso mudar de terreno, e formular, quanto às matemáticas, uma tese radical. Pois o que me pareceu constituir a essência do famoso “problema do contínuo” era que tocávamos aí um obstáculo intrínseco ao pensamento matemático, em que se dizia o impossível próprio que lhe funda o domínio (Badiou 1996, p. 14).

É a presença do vazio que vai possibilitar o enraizamento ontológico, já que sua própria definição, veremos, é a manifestação de uma intervenção no real a partir do vazio:

Toda a história do pensamento racional pareceu-me esclarecer-se a partir do momento em que adotávamos a hipótese de que as matemáticas, longe de serem um jogo sem objeto, extraem a severidade excepcional da sua lei do fato de estarem condenadas a sustentar o discurso ontológico (Badiou 1996, p. 14).

É nesse mais frágil dos pontos de contato que se justifica o fato da matemática ser, para Badiou, a própria historicidade do ser:

Fragmentada, a teoria dos conjuntos se mostra inapta para revelar sistematicamente o corpo inteiro das matemáticas, e até para resolver seu problema central, aquele que atormentou Cantor sob o nome de hipótese do contínuo. O orgulhoso projeto do grupo Bourbaki, na França, encalha. Mas a leitura filosófica desse remate autoriza, ao contrário, todas as esperanças filosóficas (Badiou, 1996, p. 14).

Os genéricos se manifestam no real em quatro situações: no amor, na arte, na ciência e na política. Cada uma dessas situações se manifesta num sujeito e não podem ser determinadas por nenhum conjunto pré-determinado, mas se ligam à intervenção a partir do vazio. São verdades de grupos, não enquanto particularidade manifestada.

O que se passa na arte, na ciência, na verdadeira e rara política, no amor (se é que ele existe), é a vinda à luz de um indiscernível do tempo, que não é, por isso, nem um múltiplo conhecido ou reconhecido, nem uma singularidade inefável, mas que detém em seu ser-múltiplo todos os traços comuns do coletivo considerado, e, nesse sentido, é verdade de seu ser (Badiou, 1996, p. 22).

Essa multiplicidade apresentada é o que se configura como uma “situação”. Segundo Badiou: “chamo situação toda multiplicidade apresentada” (*ibid.*, p. 30). Para que o pensamento se configure, é preciso que a multiplicidade da apresentação seja tirada de sua inércia e mostrada enquanto possibilidade estrutural. Esse processo Badiou vai chamar de “conta-por-um”. Isso porque, na apresentação, os múltiplos em si são inconsistentes. O processo de conta-por-um lhes confere consistência que pode ser estruturada, ou melhor, em que já configuram, potencialmente, estruturas de pensamento. Segundo Badiou, “toda situação admite um operador de conta-por-um, que lhe é próprio. É a definição mais geral de uma estrutura ser o que prescreve, para uma multiplicidade apresentada, o regime da conta-por-um” (Badiou, 1996, p. 30). Após o processo de conta-por-um, os múltiplos saem da apresentação (inconsistente) e entram para a composição (consistente) “lá uma multiplicidade de inércia, a da apresentação, e uma multiplicidade de composição, que é a do número e do efeito da estrutura” (*ibid.*). E aqui temos a primeira divisão fundamental no regime da multiplicidade: “Convencionemos chamar multiplicidade inconsistente, a primeira, e multiplicidade consistente, a segunda” (*ibid.*). O processo de conta-por-um, de formação da consistência, implica, portanto, na seleção de um arcabouço, seleção essa que exclui multiplicidades na apresentação infinita de múltiplos. “Por si mesmo, o nada não é senão o nome da inapresentação na apresentação” (*ibid.*, p. 52) Possibilidade constituinte da composição, presente na sua própria base, é essa característica da apresentação, especificamente ontológica (só o que se liga ao vazio é ontológico, Badiou vai argumentar) que irá permitir que qualquer evento não se prenda ao determinismo: “se o vazio é tematizado, é preciso que ele o seja na apresentação de sua errância” (*ibid.*, p. 53).

O passo seguinte de Badiou é determinar as condições em que os múltiplos podem se combinar para formação de estruturas. Para isso utiliza cinco axiomas. O primeiro é o da extensionalidade, que diz respeito à determinação e à delimitação de um múltiplo em relação a outro (*ibid.*, p. 56). Os outros quatro, apesar de possuírem especificidades que fogem ao senso comum de seus nomes, ainda não compartilham o suficiente características com nossa compreensão mais imediata para que não precisemos esmiuçar, aqui, suas definições. Trata-se dos axiomas da união, da separação, da substituição e da possibilidade de formar subconjuntos (*ibid.*, p. 57). Por meio desse jogo distributivo poderíamos, segundo Badiou, descrever as estruturas do ser, seja qual for o nível em que se apresente. O autor os resume da seguinte maneira: o axioma da extensionalidade fixa o regime do mesmo e do outro. Conjunto dos subconjuntos e conjunto-união estabelecem que sejam retomadas sob a lei da conta as composições internas (subconjuntos) e as disseminações (união), e que nada seja encontrado aí, nem por cima nem por baixo, que impeça a uniformidade da apresentação enquanto múltipla. O axioma da separação subordina a capacidade da linguagem de apresentar múltiplos a que já haja apresentação. O axioma de substituição estabelece que o múltiplo está sob a lei da conta enquanto forma múltipla, ideia incorruptível do vínculo. Em suma, esses cinco axiomas, ou esquemas de axiomas, fixam o sistema das Ideias sob cujas leis toda apresentação, enquanto forma do ser, se deixa apresentar: a pertença (única Ideia primitiva, significante último do ser-apresentado), a diferença, a inclusão, a disseminação, o par linguagem/existência e a substituição (*ibid.*, p. 61). Essas formas de organização dos conjuntos e subconjuntos estariam ainda submetidas a uma distinção mais geral: a de pertença e a de inclusão.

Num caso (o caso  $\in$ ), o múltiplo cai sob a conta-por-um que é o outro múltiplo. No outro caso (o caso  $\subset$ ), todo elemento apresentado pelo primeiro é também apresentado pelo segundo (*ibid.*, p. 74). Essa divisão implica que sempre existirão elementos que estarão incluídos no conjunto (pertença) e sempre existirão propriedades dos subconjuntos de um conjunto que estarão fora do conjunto inicial (inclusão). Por causa desse descompasso entre os elementos dos conjuntos, chegamos a uma das características básicas do Ser, chamada de ponto de excesso: trata-se de estabelecer que, dado um múltiplo apresentado, o múltiplo-um composto por seus subconjuntos, cuja existência é garantida pelo axioma dos subconjuntos, é essencialmente “maior” que o múltiplo inicial (*ibid.*, p. 75). É o ponto de excesso, a não coincidência entre as partes pertencentes

e inclusas num múltiplo, que irá nos levar à próxima divisão do ser. Enquanto falamos das propriedades básicas dos conjuntos estamos falando de apresentação.

A partir do momento em que começamos a falar dos conjuntos já combinados, passamos a falar de representação: “Toda situação é duas vezes estruturada. Isto quer dizer também: há sempre, ao mesmo tempo, apresentação e representação” (ibid., p. 83). Isso se dá justamente pelas diferentes combinações entre os múltiplos. Em algumas combinações, como na formação de subgrupos, estamos falando de inclusão, ou seja, os elementos que pertencem a um subgrupo estão totalmente incluídos no grupo maior em que o subgrupo se encontra. Em outras combinações, como na propriedade da união, estamos falando de pertença, ou seja, os múltiplos fazem parte da mesma conta por-um, pertencem a mesma estrutura, mas nem todos os elementos de um subgrupo pertencem ao grupo que o contém. Temos aí a instituição de uma diferença fundamental entre inclusão e pertença (ibid., p. 85). Temos de um lado uma estrutura inicial, que vale pela pertença, e, de outro, responsável pelo domínio das partes, uma meta-estrutura, que vale pela inclusão. Essa meta-estrutura se chama “estado de uma situação” (ibid.). Essa divisão, segundo Badiou, seria “a chave da análise do ser” (ibid., p. 86).

Vale, portanto, uma retomada geral. Os múltiplos infinitos, na sua inconsistência imediata, passam pela estruturação da conta-por-um, passando a pertencer a uma apresentação comum, tornando-se consistentes para a composição (pertença). As possibilidades de composição serão dadas por uma meta-estrutura que irá incluir esses múltiplos no mesmo estado de situação (inclusão). Temos aí os níveis da estrutura e da meta-estrutura do ser. O primeiro se chama apresentação, o segundo se chama representação. Entre as duas se instala um descompasso. Isso porque, dentro de um estado de situação, podemos ter múltiplos que estão completamente nele incluídos, isto é, todos os elementos desses múltiplos pertencem ao referido estado, mas também podemos encontrar estados de situação em que seus múltiplos pertencem ao referido estado, mas cujos elementos não estarão totalmente aí inclusos. É daí que Badiou deriva suas definições dos tipos de ser:

Temos, de fato, no espaço completo, isto é, estatizado, de uma situação, três tipos fundamentais de termos-uns: os normais, que são apresentados e representados, os singulares, que são apresentados e não representados, e os excrescentes, que são representados e não apresentados. (Badiou 1996, p. 87)

Passaremos, agora, a analisar o texto de Brian Massumi, citado acima. As implicações dele se mostraram tão ricas que será feita apenas uma análise parcial. O restante do texto deverá ser abordado em outra ocasião.

O autor começa fazendo uma definição de signo. Para isso, recorre a uma ideia de Deleuze, de que um fenômeno não seria uma aparência, ou mesmo uma aparição, mas um signo, um sintoma que encontra o seu sentido numa força existente. Massumi segue complementando essa definição inicial. Segundo ele, os signos “traem dentro de si um potencial: a capacidade de ser afetado, ou de se submeter a uma força” (Massumi, 1992, p. 10). Os signos também seriam uma “contração de tempo”, já que eles são “simultaneamente um indicador do potencial futuro e um sintoma do passado” (*ibid.*). Numa outra citação de Deleuze, é colocado que “uma coisa tem tantos significados quantas forem as forças capazes de se apossarem dela” (*ibid.*). Se formos pensar nessas afirmações do ponto de vista do pensamento de Badiou, podemos dizer que a definição de signo apresentada por Massumi até aqui diz respeito ao momento em que os múltiplos (sentidos) saem de um vazio não determinista, da inconsistência, e passam por um processo de conta-por-um que os tira da inércia e os transforma numa multiplicidade consistente.

O que o autor parece colocar é que esse processo é reversível e por isso dinâmico, quer dizer, os múltiplos podem ser retomados de maneira independente e reorganizados a qualquer momento: “interpretação consiste em desenvolver o que está envolvido no signo” (*ibid.*, p. 11). Mais do que isso, o autor vai dizer que esse processo de organização é um jogo de forças, portanto é um processo político: “interpretação é força, e a aplicação da força é o desenlace de um jogo infinito de processos naturais e históricos, individuais e institucionais” (*ibid.*) Cada força seria um “complexo de outras forças. Os processos acontecem realmente ou potencialmente por todos os lados e podem ser analisados indefinidamente em qualquer direção” (*ibid.*). De novo a ideia de que se pode reverter o processo à inconsistência de múltiplos infinitos, mas sempre numa zona de passagem: “Sem unidade, mas com uma região de claridade: ferramenta encontra madeira” (*ibid.*). Ou seja, não se cai no relativismo, já que algo se apresenta. Numa visão mais próxima de Badiou, poder-se-ia dizer que há a passagem no processo de conta-por-um para uma composição consistente. A natureza política do processo é enfatizada:

O fato de que a distinção entre conteúdo e expressão é relativa e reversível não significa que seja meramente subjetiva, que podemos tê-la da maneira que quisermos. Conteúdo e expressão são de fato reversíveis, mas a “perspectiva” segundo a qual

um se torna o outro não é fundamentalmente o ponto de vista de um observador externo. É o ângulo de aplicação de uma força real. Conteúdo e expressão são reversíveis apenas em ação. Uma relação de poder determina qual é qual. (*Ibid.*, p. 13)

Aqui podemos começar a ver alguma diferença na maneira como Massumi (e, presumivelmente, Deleuze e Guattari) começam a se diferenciar de Badiou. Na p. 11 temos apresentada a ideia de que “sentido inclui até os caminhos não percorridos. E todas as forças que poderiam ter tomado uma coisa, mas não o fizeram. É uma infinidade de processos” (*ibid.*). Percebemos que a maneira, a força que permite a apresentação dos múltiplos, permanece indefinida. É por essa indefinição se enraizar no que existe de mais elementar na definição de sentido que ela pode ser retroagida. Para Massumi, o “ângulo de aplicação de uma força real” ocorre num vazio, a “relação de poder” (*ibid.*) não tem origem, apenas se manifesta. Essa é uma diferença fundamental, pois aqui, para Badiou, temos a ação de uma das forças elementares de seu sistema: o axioma da escolha.

Esse axioma é até hoje controverso entre os matemáticos. Se, por um lado, ele não tem uma definição tão clara quanto os outros axiomas da disciplina, por outro, sem ele, ações elementares para sua consecução, como definir um eixo de coordenadas, seria impossível. Badiou alude a essa situação, mas, para expô-la melhor, lançaremos mão de um autor da própria área, Michael Potter. Segue sua definição do axioma: “Para cada sequência  $(A_n)$  de conjuntos não vazios existe uma sequência  $(x_n)$  tal que  $x_n \in A_n$  para todo  $n \in \omega$ ” (Potter, 2004, p. 161). É uma definição praticamente circular. Se existe uma sequência num conjunto existe uma sequência correlata se o elemento  $(n)$  pertencer ao domínio  $(\omega)$ . O desconforto é expresso pelo próprio autor:

Chamamos isso de “axioma” em deferência à tradição, mas não o trataremos como tal: isto é, não o adicionaremos à nossa teoria padrão. Em vez disso, o declararemos explicitamente como uma suposição em qualquer teorema que dependa dele. (*Ibid.*, p. 161)

Mais adiante, o autor vai assinalar que “em livros de cálculo os usos do axioma são raramente assinalados de modo explícito” (*ibid.*, p. 163). Isso mostra que o desconforto com o axioma da escolha não é só dele e, de fato, “essa tendência de diminuir o papel do axioma da escolha contável mimetiza a situação histórica” (*ibid.*). No trecho a seguir, temos uma exposição que demonstra os pontos que estamos levantando, a saber, a aparente falta de sustentação do axioma em questão, sua situação histórica e o desconforto causado na comunidade de matemáticos profissionais:

O axioma foi usado implicitamente em muitas ocasiões por Cantor, Dedekind, Borel, Baire e outros. A princípio, apenas Peano e seus colegas em Turim parecem ter comentado explicitamente sobre seu uso: Peano (1890, p. 210) afirmou que “não se pode aplicar um número infinito de vezes uma lei arbitrária segundo a qual uma classe é feita para corresponder a um indivíduo dessa classe”; e Bettazzi (1896, p. 512) criticou a prova de Dedekind de que todo conjunto é finito ou infinito com base no fato de que se deve escolher um objeto (correspondência) arbitrariamente em cada um dos conjuntos infinitos, o que não parece rigoroso; a menos que se deseje aceitar como um postulado que tal escolha pode ser realizada. (Potter, 2004, p. 163)

E o autor complementa: “algo, no entanto, que me parece pouco recomendável” (*ibid.*, p. 164). É essa “falta de fundamento” e circularidade, tão desconfortável para os matemáticos, que nos parece interessante destacar aqui. É daí que vem o fundamento do edifício de Badiou. No processo de conta-por-um é que o real é composto, ganha consistência. No solipsismo fundante dos múltiplos infinitos antes do processo de conta-por-um, sob o efeito do axioma da escolha (que Badiou chama de axioma da intervenção) é que o real emerge como algo fundamentado, pois é onde a apresentação vira composição. Pode-se reclamar de tal “prestidigitação”, mas sem ele as estruturas básicas do raciocínio matemático e, portanto, do raciocínio em si, não existiriam:

Mas não é possível evitar o axioma da escolha contável em todos os casos, pelo menos se a teoria padrão for como a que estamos usando neste livro: o axioma da escolha contável não pode ser provado em ZU (Fraenkel 1922a) ou mesmo em Z (Cohen 1963). A extensão em que a análise clássica depende de usos inelimináveis do axioma foi estudada extensivamente e agora é bem compreendida: foi demonstrado, por exemplo, que na ausência do axioma não apenas pode haver subconjuntos de  $\mathbb{R}$  que não são nem finitos nem infinitos (Cohen 1966, p. 138), mas há até mesmo um modelo no qual o continuum é uma união contável de conjuntos contáveis (Feferman e Levy 1963). (Potter, 2004, p. 164)

A própria inevitabilidade o justifica, o torna necessário. É o tipo de caso em que a demonstração de um limite pode apenas ser aceita, mas suas implicações não podem ser negadas. Por isso, em Badiou, o real ganha uma espécie de “integridade”. Seu preço já foi pago na sua arbitrariedade necessária. É por isso que em seu livro *Lógica dos Mundos*, Badiou vai dizer que na percepção atual, que ele chama de “materialismo democrático”, pode ser resumido na frase “existem apenas corpos e linguagens” (Badiou, 1996, p. 1). É esse pensamento que Massumi desvela em uma de suas versões mais sofisticadas. De fato, nesse sistema o necessário só se postula ad hoc. A facilidade com que as forças que formam

tais signos podem ser retroagidas testemunham sua arbitrariedade, e, nesse caso, essa arbitrariedade entrará na superfície do mundo, como aparecerá mais adiante. A política se torna um jogo de forças de origem não declarada, (in)determinada desde o início. Dessa forma, como veremos, aparecerá a categoria deleuziana de intervenção no real, em toda sua dinâmica flutuante.

A isso, Badiou vai contrapor o que ele chama de materialismo dialético, que ele resume do seguinte modo: “existem apenas corpos e linguagens, só que existem verdades” (*ibid.*, p. 4). Como a arbitrariedade apresentada dos múltiplos infinitos foi composta pela arbitrariedade necessária do axioma da escolha no processo de conta-por-um, o passo seguinte, o de formação ontológica do real à beira do vazio, chamada de representação, ganha “verdade”, pois passa a pertencer a conjuntos que passaram pelos cinco processos de formação do ser: a extensionalidade, a separabilidade, a união, a substituição e a formação de subconjuntos. O ser, nesse caso, não é arbitrário, a arbitrariedade ficou em outro lugar, superada por outra arbitrariedade estranhamente necessária. Vejamos como alguns momentos da apresentação de Massumi podem ser contrastados com essa linha de pensamento.

O autor vai dizer que colocar forma e substância entre parênteses é uma maneira de esvaziar os polos de suas dualidades, e que, levando a abstração adiante, podemos, na própria interface entre forma e expressão, criar um “diagrama” do campo vetorial, conseguindo “um conjunto de relações abstratas entre pontos abstratos” (Massumi, 1992, p. 14). Essa unidade criada na abstração “não suprime a dualidade real entre conteúdo e expressão, mas existe ao lado dela, no pensamento” (*ibid.*). Aqui é retomada uma dualidade quase cartesiana, o que confirma a avaliação feita por Badiou do que ele chamou de materialismo democrático. Vejamos algumas de suas consequências, segundo o próprio autor. A primeira delas seria uma possibilidade de “tradução”:

A substância entre parêntesis é um dispositivo heurístico que permite que ocorra uma verdadeira “tradução” (no sentido etimológico de “transporte”): a inter-relação de relações passa de uma substância (a coisidade das ferramentas e da madeira) para outra (a idealidade do pensamento). (Massumi, 1992, p. 14)

Essa tradução se daria entre ação e pensamento, já que, supostamente, “o pensamento repete a interrelação em sua própria substância” (*ibid.*). O sentido se daria justamente nessa tradução, que é um processo redundante, já que ação e pensamento se sucedem, sem que um seja a gênese do outro (*ibid.*, p. 14). E aqui se abre uma brecha, literalmente,

tanto no sistema deleuziano como apresentado por Massumi, como entre este e o pensamento de Badiou:

Se o significado é um processo de tradução de uma substância para outra de uma ordem diferente e vice-versa, o que ele atravessa é um abismo intransponível de fratura. Se o significado é o meio entre conteúdo e expressão, ele não é nada mais (nem menos) do que o ser de sua “não relação” (Massumi, 1992, p. 16)

É justamente aqui que a “prestidigitação” (*sleight of hand*), o limite entre sistematização e arbitrariedade, aparece no sistema do materialismo democrático, como veremos agora:

O não da relação significa que tudo o que foi dito antes para apoiar a fidelidade do diagrama de significado pode ser usado contra ele. Se o diagrama é de fato uma integração de elementos díspares que, no entanto, mantêm sua distinção, e se ele é atingido pela mesma redundância que o processo de significado que ele diagrama, mas não reconhece explicitamente esse fato, então é, em certo sentido, um truque de prestidigitação. A única saída é dizer que a enganação do diagrama é precisamente o que o torna fiel (e vice-versa). (*Ibid.*)

Esse momento de abertura ao acaso aparece em Badiou anteriormente, antes da ação do axioma da escolha, no estar diante da inconsistência ontológica. Quer dizer, Deleuze é mais Parmênides, Badiou é mais Platão (nessa fase). Na fase anterior, de seleção dos múltiplos, isso aparece invertido por um sutil deslocamento do lugar do vazio. O acaso desaparece da ontologia de Badiou depois dos primeiros passos, mas permanece na de Deleuze, Guattari e Massumi. Adiante, temos a confirmação dessas posições:

O que o diagrama (pode) diagramar é uma inter-relação dinâmica de relações. O dinamismo ocorre duas vezes: uma vez como gênese em um estado de coisas (ferramenta para madeira), e novamente na idealidade (conceito para conceito). (*Ibid.*)

Em Badiou, ambos os estados coincidem como seleção de múltiplos. É na formação ontológica de cada síntese que os dois estágios também se encontram. Aqui temos o lugar onde se encontra a política. Em Massumi, há alguma separação entre pensamento e ação. Só que isso já é uma posição política. Apesar da defesa do dinamismo, ainda é possível, nesse esquema, separar o momento do planejamento. Dessa maneira, num desenvolvimento social ficaria aberto o espaço para concepções próximas da economia liberal, segundo a qual o momento do planejamento é quando o valor é produzido, já que cria a possibilidade da produção. No

sistema badiouano, ambos os momentos aparecem como ação e produtividade, e a escolha política se dá no devir histórico da ação realizada, colocando a ação (trabalho) em si como matéria e motor do desenvolvimento. O sistema é um processo, sem diferença qualitativa (ação/pensamento) impossibilitando a abertura para qualquer dualidade.

É preciso reconhecer, no entanto, que ambos os sistemas têm pontos de contato: “O presente do encontro conteúdo-expressão constitutivo do pensamento (o impensado do pensamento)” (*ibid.*). Aqui temos uma aproximação. Mas logo as diferenças voltam a aparecer: “O diagrama combina novamente um passado (o pensamento da marcenaria) e o futuro desse passado (pronúncia, publicação)” (*ibid.*). Isso pressupõe uma consciência (diagrama) expressa na linguagem, não numa prática, o que se confirmará mais à frente. No entanto, no momento da racionalização, do mesmo modo que há forças múltiplas que agem na sua formação, também agem sobre seu enunciador. Desse modo, temos desenvolvimentos contíguos de conjuntos múltiplos que se encontram, se interseccionam e se separam, não uma anterioridade. Vejamos de que modo. “Saltando sobre a sua própria gênese, neste caso o presente do encontro conteúdo-expressão constitutivo da fala ou da escrita (o não dito da comunicação: reflexão tardia)” (*ibid.*). O momento da comunicação se encontra com o do planejamento por terem pares ordenados em comum, e o não dito da comunicação é o processo de escolha e elisão dos múltiplos infinitos que irão formar os conjuntos presente em qualquer processo ontológico.

Mas o que seriam pares ordenados? Segundo Potter (2004, p. 63), “o par ordenado  $(x, y)$  deve ser um único objeto que codifica dentro de si, de alguma forma, as identidades dos dois objetos  $x$  e  $y$ ” (*ibid.*). Isso acontece do seguinte modo: “ $\{\{x\}, \{x, y\}\}$  é um único conjunto que codifica as identidades dos dois objetos  $x$  e  $y$ ” (*ibid.*). Assim, temos objetos diferentes funcionando de maneira coordenada, formando um conjunto. Dessa maneira, utilizando a teoria dos conjuntos, não mais diretamente através de Badiou, mais ainda próximos da mesma abordagem ontológica, não se trata de uma separação entre diagrama (pensamento), prática e enunciação. Trata-se da possibilidade da formação de pares ordenados em diferentes níveis de um conjunto. O não dito, assim como o não feito, e mesmo o não pensado, não formaria, nesse caso, uma elisão, pois já fariam parte de um momento anterior, como dito acima, o da seleção entre múltiplos infinitos antes da intervenção do axioma da escolha e do processo de conta-por-um. A “presença” dessas ausências seria expressa

no conceito de cardinalidade, no qual nem todos os elementos de um conjunto vão fazer parte do conjunto final.

Segundo Potter (2004, p. 63), “dois conjuntos são ditos equinumerosos se houver uma correspondência um-para-um entre eles”. Isso é importante para “medir” a cardinalidade de conjuntos infinitos. Numa concepção ingênua, poderíamos dizer que “todos os conjuntos não finitos são equinumerosos e que, portanto, precisamos apenas de um objeto (infinito) para medir seu tamanho” (*ibid.*). No entanto, é possível demonstrar que “ $\omega$  e  $\mathbb{R}$  são de cardinalidades diferentes”, quer dizer, um determinado domínio, mesmo que infinito, não tem a mesma cardinalidade dos números reais. Isso ocorre porque não há “correspondência um-para-um entre eles”. Por isso é preciso, para se comparar a cardinalidade, seguir o princípio de Hume: “ $\text{card}(A) = \text{card}(B)$  se e somente se  $A$  e  $B$  forem equinumerosos” (*ibid.*, p. 155). Isso quer dizer que, mesmo comparando-se conjuntos infinitos é possível encontrar números (múltiplos) que ficam de fora. Por isso, os processos incluem o “não dito-feito-pensado”, e isso não significa que se tenha aberto uma lacuna no ser.

Aqui temos um outro exemplo: “Em cada instância, o presente elidido, como o entre ferramenta e madeira, é de qualquer forma um vazio. Escapando dele, o diagrama reduplica o processo que diagrama” (Massumi, 1992, p. 16). Em nossa concepção, não se trata de um vazio. O “elidido”, quando pode ser rastreado dentro da própria estrutura do real, é um processo constituído em outro nível, compartilhando pares ordenados. Momentos do diagrama se fazem presente por evocação durante a prática, ou seja, não escapando da ação no presente, mas coordenada (ordenada) com ela. Quer dizer, Massumi (Deleuze) coloca um aspecto errante no ser, e em suas dinâmicas internas, que, para Badiou, fica para trás no seu momento de formação. A elisão torna-se a garantia dessa errância. É isso que causa a dualidade observada entre processo e diagrama. Por mais que estejam integrados, ainda existe um momento de elisão: “Ao ignorá-lo, o diagrama reduplica o processo que diagrama. O diagrama é falso, pois contrai uma multiplicidade de níveis e matérias em sua própria substância homogênea” (*ibid.*, p. 16). Do ponto de vista de um ser não elidido, o diagrama não é falso, é um conjunto que compartilha pares ordenados de um domínio com um codomínio. De acordo com as leis ontológicas expostas acima, podemos falar de um grupo ligado a um subgrupo.

Mas não deixa de ser curioso como, por vezes, como no caso da ideia de tradução, as conclusões são as mesmas:

A expressão do significado é verdadeira em sua falsidade para si mesma, e falsa em sua veracidade para seu conteúdo. A tradução é repetição com uma diferença. Se o significado é tornar-se, é um tornar-se-outro. É a alienação do mesmo no diferente, e a mesmice do diferente em sua alienação de si mesmo. A (não)relação é uma separação-conexão. (*Ibid.*)

Traduções são, de fato, conjuntos com pares ordenados em outros conjuntos (texto fonte), além de elementos ausentes (mas potencialmente presentes) num dos conjuntos (o texto fonte). As diferenças, no entanto, são marcantes, como em “a inter-relação das relações entre a madeira e a ferramenta não tem semelhança com a que existe entre os conceitos, que não tem relação com a que existe entre os fonemas ou as letras” (*ibid.*). O que existe é a capacidade de reordenar conjuntos por meio da ordenação de outros. Por exemplo, o conjunto “corpo” pode ser reordenado a partir do conjunto presente no comando “serrar”. Como eles se comunicam? Por meio da ordenação de outros conjuntos, como, por exemplo, outro corpo (de um pai, de um professor). Durante o processo de formação de um outro conjunto, o de informações cerebrais, associações entre sons, expressões, gestos, são feitas, que não são mais que a intersecção de conjuntos formando outros. Essas formações seguem as leis ontológicas apresentadas nos axiomas da união, da separação, da substituição e da possibilidade de formar subconjuntos, e incluem tanto a mente como o corpo, além das ferramentas e do ambiente. Poderíamos dizer que o período de aprendizado seria o de apresentação, de reordenação de conjuntos que compõe o ser no ato do aprendizado. O momento da execução seria quando a composição de conjuntos do ser com o novo conhecimento absorvido vai para a representação desse novo conjunto. A noção de “inteireza”, ainda que totalmente móvel, apresentada aqui, em certos momentos se opõe às de Massumi:

Madeira e ferramenta são capturadas em seus próprios circuitos de causalidade e assim que se encontram são separadas, uma destinada a ser replantada em uma cozinha, a outra a arrancar outra madeira; e assim que as palavras encontram essa incisão são varridas para longe tanto da madeira quanto da ferramenta, destinadas à circulação em um livro. A separação-conexão da tradução é mais uma relação assintótica do que um paralelismo. (Massumi, 1992, p. 17)

Aqui temos aceitação de separações feitas pela divisão social do trabalho. A alienação em relação à produção e à circulação são aceitas como condições ontológicas. É claro que existem especificidades entre os processos, mas nada faz presumir que o produtor tenha uma relação de separação em relação ao seu trabalho. Isso corresponderia à lei ontológica

da separação, e, em outra situação, como a de uso socialmente planejado, poderia corresponder à formação de conjuntos conectados, por exemplo. Dizer que uma relação é assindótica, quer dizer, colocar uma distância impossível de ser superada entre a convergência de uma linha e um ponto, no caso, entre sujeito e objeto, é colocar o vazio ontológico no nível da formação de mundos, fazê-lo emergir à superfície, e isso é uma condição particular do capitalismo. Daí sobreviverem separações como a entre pensamento e ação no pensamento de Massumi. E essas separações apresentam a cesura subjacente: “O significado é a relação de uma não relação, o encontro, através de um poço sem fundo, de formações com trajetórias distorcidas” (*ibid.*). Na nossa concepção mais próxima de Badiou, o sentido é uma relação com o vazio, porque é ontológica, mas é nesse vazio que se dão o aparecimento entre os múltiplos infinitos daquilo que forma o real, via axioma da escolha. Não se trata de uma “relação de não relação”, mas de uma relação que presume o vazio.

O que para um se apresenta como indeterminação, para outro se apresenta como fundamento: “quem ou o que os apresenta um ao outro? Nenhuma pessoa ou coisa, mas a infinidade de forças” (*ibid.*). Infinito, diria Badiou, são os múltiplos, e todo seu trabalho vai, justamente, na direção de determinar quais são as forças agindo sobre os seres. E, enfim, deixada para trás, a indeterminação em Badiou aparece na superfície do pensamento de Massumi/Deleuze/Guattari: “O que une essas formações é a “máquina abstrata”. E: “A máquina abstrata é a interpretação (*ibid.*)” Aqui aparece a ação do axioma da escolha. A diferença, apesar de muito sutil, é significativa. Não se trata de aceitar o vazio como incomunicabilidade entre processos. Isso levaria a dualidades que, como já vimos, podem redundar em alienações. Trata-se, antes, de perceber o vazio por trás de cada palavra, gesto, objeto, mas isso mesmo, não impede, antes possibilita as operações ontológicas. Essa diferença, aparentemente insignificante, é que vira a chave de um universo de arbitrariedade para um de necessidade.

Concluindo, a arbitrariedade ainda pode ser detectada no axioma da escolha. O próprio status pouco definido dele na matemática assim o demonstra. Ele cria contradições insolúveis, como o paradoxo Barnach-Tarsky, mas, sem ele, as estruturas mais básicas, como a formação de um eixo, por exemplo, não são possíveis. Ele é que cria o limite interno/externo que garante o funcionamento do sistema. Por estarmos falando de um sistema totalizante, não dispomos de um sistema de segunda ordem que garanta a coesão do sistema de primeira, o que torna a presença de um componente presente/ausente inevitável. Essa dualidade, no entanto, não

é transportada para dentro do sistema. Quando isso acontece, é possível abrir espaço para um certo idealismo: “a máquina abstrata é o sujeito do significado (no sentido da agência responsável pelo seu desdobramento), e o “significado” é o diagrama formal de forças extraídas do encontro em questão (*ibid.*). A agência, no que propomos, é a do axioma da escolha, que intervém, mas não é parte constituinte dos conjuntos formados. Também é agência dos agentes constituintes das composições e representações apresentadas no sistema da história. É essa união entre agência e axioma que configura o sujeito, portador do que Badiou vai chamar, nessa situação rara, de “verdade”. A “máquina abstrata”, por outro lado, divide os próprios agentes do sistema, que, como tal, fazem parte das ambiguidades e arbitrariedades presentes nele.

### Referências

- BADIOU, Alain. *O ser e o evento*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996 [1988].
- BADIOU, Alain. *Logic of worlds*. London: Continuum, 2009.
- HAOCUN YU, L. *et al.* Quantum correlations between light and the kilogram-mass mirrors of LIGO. *Nature*, London, v. 583, p. 43-47, 2020.
- MASSUMI, Brian. *A user's guide to capitalism and schizophrenia: Deviations from Deleuze and Guattari*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- NEGRI, Toni; HARDT, Michael. *Império*. Tradução: Berilo Vargas. Rio de Janeiro: Record, 2001.
- POTTER, Michael. *Set theory and its philosophy: A critical introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2004.

# Feyerabend e a mecânica quântica:

## um terreno fértil para discussões filosóficas

Rafael Velloso<sup>1</sup>

Antonio Augusto Passos Videira<sup>2</sup>

**Resumo:** Paul Karl Feyerabend (1924-1994) foi um físico e filósofo austríaco mundialmente conhecido por sua obra *Contra o Método* (1975). Apesar da notoriedade do *enfant terrible* da filosofia da ciência (uma das alcunhas adquiridas em razão de seus posicionamentos) vir a partir desta obra, os debates contidos nela (e em outras de suas obras) possuem uma origem um tanto curiosa: a mecânica quântica. Sendo formado em física pela Universidade de Viena, os 22 anos iniciais da vida profissional do autor tinham como um de seus principais temas a mecânica quântica, em especial as versões elaboradas por Niels Bohr, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Erwin Schrödinger e Albert Einstein. A partir da mecânica quântica, Feyerabend foi capaz de experimentar e estruturar temas que lhes foram caros por toda sua vida, como: realismo, relação entre física e metafísica, relação entre ciência e sociedade, dentre outros. O presente artigo tem como objetivo apresentar de que maneira Feyerabend extrai e estrutura suas discussões desta área tão complexa, utilizando, sempre que possível, citações diretas do físico-filósofo, a fim de uma melhor caracterização do seu pensamento. Desta forma, espera-se que aqueles que não conhecem o autor, possam ter uma visão geral da tônica de suas discussões, bem como debates filosóficos podem ser construídos a partir da mecânica quântica.

**Palavras-chave:** Feyerabend; mecânica quântica; metafísica; visões de mundo; compreensibilidade.

---

<sup>1</sup> Rafael Velloso é doutorando em Filosofia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). É membro do grupo de pesquisa, ensino e extensão *Physikos – Estudos em História e Filosofia da Física e da Cosmologia* (FACH-UFMS) e do grupo de pesquisa *Estudos Sociais e Conceituais de Ciência, Tecnologia e Sociedade* (ECTS) do Departamento de Filosofia da UERJ. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2601-6495>. E-mail: [velloso.rafa@gmail.com](mailto:velloso.rafa@gmail.com).

<sup>2</sup> É professor titular da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), além de professor no Programa de Ensino e História da Matemática (UFRJ), professor convidado no Instituto de Biofísica (UFRJ) e pesquisador colaborador no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4369-9221>. E-mail: [guto@cbpf.br](mailto:guto@cbpf.br).

## **Feyerabend and quantum mechanics: A fertile ground for philosophical discussions**

**Abstract:** Paul Karl Feyerabend (1924-1994) was an Austrian physicist and philosopher widely known for his work *Against Method* (1975). Despite the notoriety of this “enfant terrible” of the philosophy of science (one of the nicknames he acquired due to his positions) arising from this work, the debates contained therein (and in his other works) have a rather curious origin: quantum mechanics. Being a physics graduate from the University of Vienna, the author’s initial 22 years of professional life revolved around quantum mechanics, particularly the versions elaborated by Niels Bohr, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Erwin Schrödinger, and Albert Einstein. From quantum mechanics, Feyerabend was able to experiment and structure themes that remained important to him throughout his life, such as realism, the relationship between physics and metaphysics, and the relationship between science and society, among others. This article aims to present how Feyerabend extracts and structures his discussions from this complex field, using direct quotes from the physicist-philosopher whenever possible, in order to better characterize his thinking. In this way, it is hoped that those unfamiliar with the author will gain a general overview of the tone of his discussions and how philosophical debates can be built upon quantum mechanics

**Keywords:** Feyerabend; physics; quantum mechanics; metaphysics; world views; comprehensibility.

## Introdução

Paul Karl Feyerabend (1924-1994) foi um físico-filósofo austríaco, conhecido principalmente por obras como *Contra o Método* e *Adeus à Razão*, que lhe concederam alcunhas como “pior inimigo da ciência”, “profeta do irracionalismo” (Abrahão, 2019), dentre outras. Discutir se estas alcunhas são justificáveis ou não está além do escopo do presente artigo, mas vale destacar algo, a saber: elas colocaram, em diversos momentos, membros da comunidade científica e filosófica na situação desejada pelo austríaco – a de debate, crítica, incômodo, incertezas. De onde vem esta atitude? Qual incômodo com a situação vigente da ciência? Por que a física, em especial a mecânica quântica, foi sua área de interesse por mais de 20 anos? Esses, sim, são questionamentos de interesse do presente artigo.

Apesar de ser mais conhecido como um filósofo da ciência, Feyerabend tem uma formação de base, que, ao mesmo tempo, gera certa curiosidade e justifica interesses seus: Feyerabend cursou física na Universidade de Viena. Inicialmente os cursos escolhidos foram história e sociologia, pois ele queria entender o que havia ocorrido recentemente – a 2ª Guerra Mundial – e como a Áustria se transformou de um poderoso império multiétnico em um pequeno e pobre país. Posteriormente, ele se transferiu para a física (o próprio autor justifica que a migração se deu devido o abismo da grade dos cursos de história e sociologia e a situação austríaca no imediato pós-guerra; Feyerabend, 1996; Preston, 1997). Durante o seu período universitário, Feyerabend admite que esteve sob considerável influência da maneira positivista de conceber o conhecimento (Preston, 1997), ou seja, dava grande importância ao empirismo (na década de 1940 o positivismo lógico do Círculo de Viena ainda possuía influência em diferentes universidades): aquilo que não fosse possível de medir, não era ciência (Feyerabend, 1996; Preston, 1997).

Em 1948, ainda na Universidade de Viena, Feyerabend se torna membro do Círculo de Kraft, clube de estudos filosóficos centrado em torno da figura de Viktor Kraft, mais tarde o orientador de sua tese de doutorado (*Zur Theorie der Basissätze*, ‘Sobre a teoria dos enunciados de base’; ver Abrahão, 2015a). Ainda como estudante, publica em 1948 o ensaio “Der Begriff der Verständlichkeit in der modernen Physik” (‘O conceito de compreensibilidade na física moderna’<sup>1</sup>), que foi motivado pelo artigo

---

<sup>1</sup> Este artigo foi traduzido do alemão para o inglês por Daniel Kuby e Eric Oberheim (2015), ambos especialistas em Feyerabend. Na tradução, eles optam por traduzir *Verständlichkeit* e seus cognatos por inteligibilidade. Usualmente, na filosofia da ciência e no vocabulário dos físicos germânicos, o termo que se

“Die Besonderheit des Weltbilds der Naturwissenschaft” (‘A peculiaridade da visão de mundo das ciências naturais’<sup>2</sup>) do também austríaco Erwin Schrödinger, publicado nesse mesmo ano em *Acta Physica Austriaca*.

Nos anos seguintes, Feyerabend publica outros artigos que também discutem a física de sua época – em especial a mecânica quântica – como *Physics and Ontology* (1954), *On the Quantum-theory of Measurement* (1957a), *Complementarity* (1958), *Professor Bohm’s Philosophy of Nature* (1960), *Eigenart und Wandlungen physikalischer Erkenntnis* (1965) e *In Defence of Classical Physics* (1970). Nestes 22 anos que separam o primeiro artigo do último, alguns temas foram recorrentes, como: a influência de critérios não epistêmicos no desenvolvimento científico (e sua relação com visões de mundo) e a historicidade de conceitos físicos.

### Do edifício físico à “casa mal-assombrada” da mecânica quântica

A caracterização da mecânica quântica como uma “casa mal-assombrada” (*Spukhaus*), ocorre em *Der Begriff der Verständlichkeit in der modernen Physik* em decorrência do esvaziamento da física clássica, ao ser reinterpretada e utilizada na mecânica quântica<sup>3</sup>. O principal objetivo

---

associa a inteligibilidade é *Anschaulichkeit*, palavra que possui relação com o léxico kantiano e com as palavras *Anschauung* e *Anschauungsformen* (intuição e formas da percepção, respectivamente). No entanto, nas décadas de 1920 e 1930, o termo *Anschaulichkeit* sofreu uma série de remodelações por conta dos desenvolvimentos da mecânica quântica (Cassin *et al.*, 2004). No presente artigo, optamos por traduzir este termo como compreensibilidade pelos seguintes motivos: o ensaio do Feyerabend é motivado pelo artigo do Schrödinger, publicado originalmente em alemão em 1948, mas que possui uma tradução para o inglês, feita pelo próprio físico, publicado em 1956 no livro *What is Life? and Other Scientific Essays*. Neste livro Schrödinger traduz *Verständlichkeit* como compreensibilidade e o significado utilizado é similar (para não dizer o mesmo), que o atribuído por Feyerabend. Usualmente, inteligibilidade (*Anschaulichkeit*) em física é associado com aquilo que é visualizável e/ou descrito espaço-temporalmente (apesar de ser uma simplificação do termo), já compreensibilidade é algo que engloba outras noções para além do observável. Como tanto Schrödinger quanto Feyerabend argumentam, o inobservável pode e é considerado algo compreensível, além de desempenhar um papel importante na elaboração de teorias físicas. Neste sentido, consideramos que faz mais sentido manter a tradução de Schrödinger, ou seja, *Verständlichkeit* como compreensibilidade. Além do mais, *Verständlichkeit* vem do termo *Verstand*, que significa compreensão ou entendimento.

<sup>2</sup> Este artigo foi bastante discutido no Círculo de Kraft, como uma espécie de preparação para o seminário em Alpbach, o qual Schrödinger participaria. No entanto, o físico não pode comparecer e foi substituído por Arthur March, cujo tema da palestra foi “O conceito de lei na física” (Kuby, 2016)

<sup>3</sup> Esse processo de reinterpretação e utilização das ideias clássicas na mecânica quântica foi possibilitado, principalmente, por Niels Bohr e seus conceitos de Correspondência e Complementaridade. Noções que, apesar dos embates e divergências existentes, fazem parte do cânone da teoria quântica até hoje. Sobre a Correspondência e Complementaridade Cf. Feyerabend, 2022.

deste artigo é discutir de que maneira a ideia do que é compreensível se modifica ao longo do tempo e como isso se insere na física moderna, i. e., na mecânica quântica. Para Feyerabend:

Compreensível é qualquer regularidade a qual nos acostumamos com o uso prolongado, cuja estrutura é compreendida por si mesma. Assim, primeiro, as regularidades do ambiente local; e a seguir, aqueles de ambientes distantes que são diretamente acessíveis a nós (mecânica celeste). (Feyerabend, 1948, p. 2)

Essa concepção do que significa a compreensibilidade de conceitos físicos está intimamente ligada a outra noção, mais ampla: o que é considerado válido ou não enquanto conhecimento, aquilo que é considerado “filosoficamente correto”<sup>4</sup>:

A abundância de teorias que surgiram naquela época, e para cujo estabelecimento nem mesmo Newton contribuiu, é uma pista psicologicamente interessante sobre como o conceito de inteligibilidade [*Anschaulichkeit*] deve ser concebido. A máxima do absurdo da ação à distância não nos diz nada sobre as forças ativas no universo. Hoje, sabemos disso muito bem. Em vez disso, ela nos diz algo sobre a maneira de pensar daqueles que não conseguiam conceber algo além de impacto, puxão e empurrão, pois esses eram os únicos tipos de ação de força que ocorriam no ambiente imediato conhecido naquela época. Independentemente disso, Newton analisou as relações do movimento dos planetas e determinou a lei da qual todas as órbitas dos planetas podem ser derivadas por meio de uma simples superposição com um fator de velocidade constante. (Feyerabend, 1948, p. 2)

---

<sup>4</sup> A utilização deste termo é uma referência a Philipp Frank, físico e filósofo austríaco, membro do Círculo de Viena e um declarado defensor do positivismo lógico. Ao longo da primeira metade do século XX, Frank produziu uma série de artigos sobre assuntos caros à física, como: o papel da intuição (*Anschauung*) no desenvolvimento de teorias físicas, a historicidade dos conceitos, a relação entre o conteúdo teórico e empírico, dentre outros. Frank também foi uma referência importante para os estudos de Feyerabend sobre Galileu e suas contribuições para a Revolução Científica do século XVII (Cf. Abrahão, 2015). Em seu artigo *Why Do Scientists and Philosophers So Often Disagree about the Merits of a New Theory?* (1941), Frank aborda como conceitos físicos considerados, inicialmente, “filosoficamente falsos” tornaram-se aceitos, compreensíveis pelo espírito da época. Como exemplos, ele cita o sistema copernicano que, apesar de ser descrito como “filosoficamente falso” (pois o sistema hegemônico na época ainda era o aristotélico), mas matematicamente correto e, portanto, amplamente ensinado nas universidades do Antigo Império Romano. De maneira similar, a teoria newtoniana foi considerada “filosoficamente falsa” pela física e filosofia da época (pois tinha como base uma ação inobservável, instantânea e a distância – a gravidade -, algo inconcebível para a época, sendo duramente criticada por nomes como Berkeley e Leibniz), mas matematicamente aceitável (Frank, 1941; Gingras, 2001)

Repare que há certa conexão entre a compreensão e, consequentemente, aceitação de teorias físicas pela visão de mundo válida. Na época de Newton, a concepção hegemônica ainda era a aristotélica, na qual inobserváveis e forças a distância eram impensáveis. Não por acaso houve grande rejeição às ideias de Newton pela comunidade física e filosófica (Gingras, 2001). Apesar de ainda em gestação, esta leitura de Feyerabend se conecta com o que ele irá abordar mais detalhadamente 22 anos mais tarde, em 1970, sobre a potência da teoria newtoniana: as ideias de Newton não se restringem à física, mas possuem em seu interior elementos não epistêmicos que, em certa medida, as conferem maior grau de versatilidade e aplicabilidade (Feyerabend, 1970; Velloso; Videira, 2022). Pode-se perguntar: que elementos não epistêmicos são esses e como isso se conecta com a mecânica quântica? Antes de avançar com Feyerabend, vejamos o que diz a fonte de inspiração deste ensaio de 1948: Erwin Schrödinger.

Ferrenho crítico do que se convencionou chamar de Interpretação de Copenhague<sup>5</sup>, Schrödinger em vários momentos de sua vida profissional atacou o que ele considerava como dogmático<sup>6</sup> nos conceitos físicos de Bohr e seu grupo, além de evidenciar um outro aspecto de sua insatisfação que, ao menos em princípio, pode-se considerar como não epistêmico, ou não científico: o abismo entre o conhecimento físico e visões de mundo. Para ele:

Há uma tendência de esquecer que toda ciência está ligada à cultura humana em geral, e que as descobertas científicas, mesmo aquelas que no momento parecem mais avançadas, esotéricas e difíceis de entender, não têm sentido fora de seu contexto cultural. Uma ciência teórica, que desconhece o fato de que seus construtos considerados relevantes e importantes estão destinados a ser incorporados à conceitos e palavras que

---

5 Até os anos 1950 não havia menção de uma “Interpretação de Copenhague”. O primeiro registro é creditado ao físico soviético Dmitrii Ivanovich Blokhintsev, que em 1953 publicou o artigo “*Kritik der philosophischen Anschauungen der sogenannten Kopenhagener Schule in der Physik*” (Crítica às visões filosóficas em física da chamada Escola de Copenhague) (Chevalley, 1999). Dois anos depois, em 1955, o termo “Interpretação de Copenhague” já é encontrado em escritos de Heisenberg, onde uma conotação de unidade da teoria passa a ser empregada e defendida, a contragosto de Bohr (Camilleri, 2009).

6 Conceitos como salto quântico, colapso da função de onda, corte entre a microfísica e a macrofísica foram criticados em vários momentos. Schrödinger considerava que a inexistência da mera possibilidade de se discutir o que significa, afinal, cada um desses conceitos era um dogmatismo, uma espécie de “lei do silêncio” (Fine, 1996), extremamente danoso para a ciência – estes conceitos possuem um caráter axiomático, ou seja, devem apenas ser aplicados (Hansen; Hossenfelder, 2022). Para o físico austríaco, nenhum conceito, mesmo aqueles considerados como base da física (a causalidade, por exemplo), deve estar livre de críticas. (Schrödinger, 1948; 1952a, 1952b)

tenham influência sobre a comunidade educada e se tornem parte integrante da visão de mundo global – uma ciência teórica, digo eu, em que isso é esquecido e em que os iniciados continuam a tagarelar entre si em termos que são, na melhor das hipóteses, compreendidos por um pequeno grupo de companheiros de viagem próximos; será necessariamente isolado do resto da cultura humana; a longo prazo, está fadado a se atrofiar e ossificar, por mais que a virulenta conversa esotérica possa continuar dentro dos grupos de especialistas alegremente isolados (Schrödinger, 1952a, p. 109-110)

A profunda e acelerada especialização, o distanciamento entre ciência e sociedade e sua carência em produzir visões de mundo, i.e., noções que, de alguma maneira, dialoguem com aqueles elementos externos à alienígena linguagem científica (alienação aprofundada em face a crescente matematização da física), são problemas que também devem compor o núcleo das preocupações daqueles minimamente interessados no desenvolvimento do conhecimento científico. Uma ciência que não dialoga com a sociedade, que não é capaz de gerar qualquer tipo de visão de mundo é, para Schrödinger, uma ciência ossificada<sup>7</sup>. Esse é o tom adotado no artigo de 1948.

Em *Die Besonderheit des Weltbilds der Naturwissenschaft*, Schrödinger elenca como os pilares da visão de mundo científica as seguintes noções: a compreensibilidade (*Verständlichkeit*); a objetivação (*Objektivierung*). Compreensibilidade define-se por nossa esperança (*Hoffnung*) de que a natureza pode ser compreendida, mas como? Uma das formas mais comuns de sua época, ele destaca, é a concepção positivista: a natureza pode ser compreendida através da ordenação, da descrição da experiência. É uma concepção válida e, de fato, eficiente, Schrödinger destaca que ela seria insuficiente se concebida como a única maneira de compreender a natureza. Um outro importante elemento, recusado pelo positivismo, é nossa imaginação: através de nossa capacidade de nos distanciarmos, de nos distinguirmos do objeto em análise, somos capazes de conceber, de imaginar situações a fim de testar (metafisicamente) nossas teorias e, inclusive, comparar com teorias opostas. As explicações, se baseadas exclusivamente em fatos e sua ordenação, leva-nos a um terreno infértil, no qual teorias como a do calor ou o darwinismo jamais poderiam germinar (Cf. Schrödinger, 1948, p. 205). Esta noção de compreensibilidade conecta-se diretamente

---

<sup>7</sup> Esse termo também é utilizado por Frank em um sentido bastante similar a Schrödinger: sobre como ideias físicas e/ou filosóficas com o tempo se tornam ossificadas, fossilizadas, através de sua ampla utilização, aceitação e absolutização. Em outras palavras, Frank discute como conceitos físicos, a partir do momento que são aceitos e inseridos no léxico filosófico do espírito da época, tornam-se dogmas e, conseqüentemente, são considerados inalteráveis, indiscutíveis (Frank, 1941).

com a segunda – a objetivação. Através da nossa capacidade de nos distinguirmos da natureza (de separarmos sujeito de objeto), somos capazes de construir representações mentais. Apesar de nosso corpo e mente estarem ligados ao mundo real externo, serem partes do objeto, nossa capacidade de nos retirarmos dessa imagem (*Bild*) possibilita-nos construir representações mentais da natureza, de elaborar hipóteses sobre o mundo real. Capacidade esta que também se esvazia, se nos atermos exclusivamente ao positivismo (Cf. Schrödinger, 1948, p. 206).

Apesar de Feyerabend afirmar que em sua época universitária estava sob influência do positivismo lógico (Feyerabend, 1996), quando comparamos o artigo do então jovem físico austríaco com o de Schrödinger<sup>8</sup>, percebemos que seu ensaio não é um testemunho de sua ligação com o positivismo<sup>9</sup>, como afirma o filósofo da ciência John Preston (Cf. Preston, 1997, p. 2), mas, sim, que ela é uma defesa da importância que visões de mundo, ou ainda que a metafísica possuem na construção e compreensão da física moderna. Sua postura com relação à Interpretação de Copenhague é, de fato, mais amistosa em 1948 se comparada com os anos seguintes. No entanto, curiosamente, há neste jovem Feyerabend o embrião daquilo que será explicitado em 1969, em seu famoso “*Back to Bohr*” (Feyerabend, 1969a; 1969b): a percepção que mesmo na teoria quântica estatutária (a considerada rígida e dogmática), há elementos epistemologicamente interessantes, que merecem ser revisitados. Vejamos:

Somos como um caminhante que, após várias visitas, vê claramente diante de seus olhos uma região até então completamente desconhecida e estranha. Compreendemos o novo território a partir de suas regularidades imanentes e avançamos muito mais do que se tivéssemos construído um modelo com varas e ganchos, que, de qualquer forma, estaria condenado a parar depois de algumas caminhadas. É verdade que

---

<sup>8</sup> No início de seu artigo há uma apresentação da filosofia natural grega, com especial distinção entre aquela produzida por Platão, Aristóteles e seus seguidores; e aqueles denominados como pré-socráticos, ou filósofos naturais jônicos (como Tales de Mileto, por exemplo). Schrödinger argumenta que, enquanto o pensamento jônico era mais aberto à especulação filosófica, mais criativo e receptivo às críticas, o platônico e aristotélico era mais rígido, mais dogmático (Cf. Schrödinger, 1948, p. 201-204). Em *Eigenart und Wandlungen physikalischer Erkenntnis* (Peculiaridade e mudança no conhecimento físico) (1965), Feyerabend realiza uma argumentação bem similar, esboçando essa mesma distinção entre a filosofia jônica e a platônica-aristotélica, seguido de paralelos com a situação da física da época.

<sup>9</sup> Isso pode nos fazer refletir também sobre outra caracterização de Preston, sobre Karl Popper ser “de longe” (como ele diz) a principal referência de Feyerabend (inicialmente positiva e, depois, negativa) (Cf. Preston, 1997, p. 2). Não que Popper não tenha sido uma influência, mas Feyerabend parece melhor se encaixar em toda uma geração da física austríaca, que tem como nomes Ludwig Boltzmann, Ernst Mach, Philipp Frank, Erwin Schrödinger, dentro outros.

há sempre e em toda parte a possibilidade de transferir relações já conhecidas para áreas recém-descobertas e, na prática, inicialmente procederemos dessa forma por uma questão de continuidade (= conveniência). Entretanto, não há nenhum princípio que possa garantir constantemente o sucesso desse método. Pois a chamada “unidade das forças da natureza” só existe na respectiva visão de mundo e pode ser levada ad absurdum por cada nova descoberta. (Feyerabend, 1948, p. 3)

Nesta citação percebe-se tanto sua postura favorável à criação de novos conceitos físicos (o que justifica aqui sua atitude levemente amistosa com relação à Interpretação de Copenhague), quanto o entendimento de que o processo de aceitação e compreensão destes mesmos novos conceitos não é imediato e que, de fato, inicialmente há a tendência de nos atermos aquilo que é antigo e familiar. Entretanto, nada nos assegura que o que é familiar continuará funcionando nestes novos domínios. Por exemplo: a causalidade, no caso da mecânica quântica. Pode-se perguntar: o que torna, portanto, esses novos e estranhos conceitos familiares e como inseri-los no arcabouço da física teórica? Ao final de seu artigo, o próprio Feyerabend parece indicar uma possível resposta para este questionamento:

2) [A questão da possibilidade de construções metafísicas]. Segundo o que foi mencionado até agora, não há dificuldade em promover os invariantes recém-descobertos a coisas reais e erigir uma metafísica com base nisso. Pois depois de 1) [A questão da determinação causal dos processos atômicos], o argumento da incognoscibilidade [Unerkennbarkeit] do chamado mundo externo também cai por terra. Se nos ativermos às partículas ponderáveis, é claro que é problemático como o mundo externo deve ser construído. Se, no entanto, usarmos os novos conceitos, não fica claro porque não deveríamos falar do mundo externo aqui também. Estabelecer isto é, entretanto, a tarefa da própria filosofia. (Feyerabend, 1948, p. 3)

Apesar de, ao longo do artigo, não atribuir validade ontológica para o átomo<sup>10</sup>, Feyerabend afirma que é possível construir uma metafísica a

---

10 Essa não atribuição de uma validade ontológica aos átomos é similar a como faziam Ernst Mach e, principalmente, Ludwig Boltzmann. Mach, apesar de crítico e suspeito com relação a capacidade do atomismo em ser um meio adequado para descrever a experiência, considerava que as maneiras pelas quais compreendemos a natureza são múltiplas e complexas, sendo o átomo, portanto, mais um desses conceitos com o qual organizamos nosso pensamento (Mach, 1897; Frank, 1937). Já Boltzmann, que era um atomista, considerava que uma teoria científica não possui valor ontológico, pois, “ela não pode ascender ao nível das essências, ultrapassando o plano determinado pelos fenômenos. O valor de verdade de uma teoria não é determinado em função da capacidade de especificar aquilo que está por detrás do fenomênico. Uma teoria é ‘verdadeira’ se, por meio de suas implicações (previsões, por exemplo), ela conduz a resultados que correspondam à experiência. [...] para Boltzmann, uma teoria científica nada mais é do que uma representação da natureza”. (Videira, 2013, p. 47).

partir desse novo conhecimento da mecânica quântica. Em outras palavras, é possível falar sobre a realidade do mundo exterior fora do arcabouço da causalidade e do mecanicismo da física clássica. Para Feyerabend, essa é, inclusive, a tarefa da filosofia.

Nos anos posteriores, Feyerabend destacou, em inúmeros artigos, a relevância que a metafísica tem para a física e, vice-versa; assim como as consequências da separação entre filosofia e ciência. Um dos resultados desta separação é certo isolamento da filosofia que, ao se considerar autônoma e independente de considerações científicas, “insiste que é a única capaz de fornecer uma imagem do mundo [*pictures of the world*]” (Feyerabend, 1954, p. 10). Por outro lado, a ciência ao se apegar a noção de certeza, de precisão, de saberes absolutos, torna-se uma mera ferramenta preditiva, cujo único objeto é confirmar, matematicamente, seus próprios resultados (Feyerabend, 1954). Ferramenta preditiva é como Feyerabend caracteriza a mecânica quântica – sem qualquer espaço para a especulação filosófica, para a criatividade, para a liberdade de pensamento e incapaz de produzir visões de mundo (Feyerabend, 1958). Em outras palavras, é uma mera ferramenta axiomática.

Ao contrário desta postura, Feyerabend defende teorias universais, como a de Newton e Einstein (Feyerabend, 1965; 1970; Velloso; Videira, 2022), pois estas podem

nos mostrar conexões fantásticas e nos levar em constante progresso à descoberta de novas particularidades do mundo, a penetrar em níveis cada vez mais novos do mundo, em relação aos quais os campos agora abandonados ainda podem agir como primeiras aproximações, que são exatas o suficiente para nos possibilitar descobrir erros em nossas concepções; universais o suficiente para responder a todas as perguntas relevantes sobre o universo físico, que antes eram deixadas para a filosofia e suas especulações. (Feyerabend, 1954, p. 24)

E somente estas teorias universais só possuem esta capacidade, pois, são o que Feyerabend denomina como nossas visões de mundo moderna. Isto é, são teorias que não se restringem à precisão, verdades absolutas e/ou correntes filosóficas específicas, mas são adaptáveis o suficiente para que novas descobertas possam ser realizadas e incorporadas, podendo acarretar, inclusive, na modificação da teoria. Ou seja, Feyerabend valoriza aquele tipo de conhecimento que se mostra aberto a críticas, à discussão e que forneça uma representação, uma imagem possível do mundo (Feyerabend, 1954; 1958; 1965; 1970) – exigência também feita por Schrödinger (1948; 1950a; 1952b), vale destacar.

Esta concepção o leva a defender a interpretação para a mecânica quântica proposta pelo físico estadunidense David Bohm (1952c; 1952d; Feyerabend, 1960). Em uma resenha do livro *Causality and Chance in Modern Physics* de Bohm<sup>11</sup> (1957), Feyerabend afirma que, além da interessante proposta interpretativa alternativa à Interpretação de Copenhague, o livro possui outras características que devem ser valorizadas, especialmente quando vindas da física:

Embora trate de algumas dificuldades de uma teoria muito especializada da atualidade, a saber, a teoria quântica, o livro ainda deve ser de interesse para muitos não físicos que queiram saber sobre o mundo em que vivemos, bem como sobre as ideias que estão sendo desenvolvidas atualmente para entender esse mundo. Muitas vezes, supõe-se – e a filosofia básica de muitos físicos contemporâneos apoia essa suposição – que, no âmbito das ciências, a especulação e a engenhosidade não podem desempenhar um papel muito importante, pois as teorias físicas são determinadas de forma mais ou menos exclusiva pelos fatos. [...] O livro também mostra que, mesmo agora, é possível apresentar assuntos difíceis de forma interessante e compreensível. Mostra, assim, que a separação, tão frequentemente deplorada, entre as ciências e as humanidades se deve a uma imagem falsa, se não a uma caricatura da ciência. (Feyerabend, 1960, p. 321)

Ou seja, mais do que a própria interpretação, Feyerabend valoriza certas atitudes de Bohm ao elaborar sua alternativa. Essa valorização também se explicita ao abordar o conceito bohriano da complementaridade. Tanto na revisão do livro de David Bohm (1970), quanto no artigo sobre a complementaridade em si (1958), Feyerabend faz questão de destacar um duplo aspecto do conceito. Se, por um lado, Feyerabend admite certo caráter heterodoxo de Bohr, ou seja, durante o processo de elaboração dos princípios da correspondência e complementaridade é permeado daquilo que Feyerabend valoriza (apesar da postura dogmática adotada por Bohr, em especial depois das *Como Lectures*<sup>12</sup>):

---

<sup>11</sup> Livro que possui uma tradução para o português: *Causalidade e acaso na física moderna*, 2015.

<sup>12</sup> *The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory* (1928), também conhecido por *Como Lecture*, é uma forma que se convencionou chamar o artigo onde Bohr apresenta, de maneira mais formal, a Complementaridade. Este nome se deve por sua apresentação nos *Atti del Congresso Internazionale dei Fisici*, em Como – Itália, em setembro de 1927. Vale destacar também que a *Como Lecture* é fruto de uma síntese de 195 folhas manuscritas em dinamarquês, alemão e inglês, contendo quatro caligrafias distintas: Oskar Klein (físico sueco), Margrethe Nørlund Bohr (esposa de Niels Bohr e editora de uma série de seus escritos), a do próprio Bohr, além de uma quarta não identificada (Cf. Bohr, 1985, p. 58). A escrita em conjunto com outras pessoas era algo comum em Bohr. Muitos de seus artigos, principalmente aqueles não publicados originalmente em dinamarquês, foram escritos por Margrethe Nørlund Bohr, assistentes (como ocorreu com o físico holandês Hendrik Anthony Kramers) e Ellen

A ideia de complementaridade pode ser interpretada de duas maneiras diferentes. Ela pode ser interpretada como uma tentativa de fornecer uma imagem intuitiva para uma teoria existente, a mecânica ondulatória, e como um princípio heurístico que orienta pesquisas futuras. Essa interpretação não é dogmática, pois admite a possibilidade de alternativas, e até mesmo de alternativas preferíveis. Um físico que analisa a complementaridade dessa maneira considerará interessante o fato de a teoria quântica ser compatível com um ponto de vista relacional, em que a interação é uma condição necessária para a aplicabilidade significativa de termos que, na física clássica (incluindo a relatividade), são definíveis sem essa referência (Feyerabend, 1960, p. 323-324)

Por outro, ele indica que também é possível interpretar Bohr a partir de uma atitude dogmática:

Mas a ideia de complementaridade de Bohr também pode ser interpretada de uma maneira diferente. Ela pode ser interpretada como um princípio filosófico básico que é incapaz de ser refutado e com o qual qualquer teoria futura deve se conformar. O próprio Bohr certamente adotou essa perspectiva mais forte. (Feyerabend, 1960, p. 324)

Apesar do *Back to Bohr* ocorrer quase 10 anos após a publicação do artigo anteriormente citado, já é perceptível no final da década de 1950 e início dos 1960 que Feyerabend, mesmo destacando as divergências entre as suas ideias e aquelas do físico dinamarquês, valoriza atitudes heterodoxas no desenvolvimento do conhecimento físico. Por heterodoxo, entende-se uma atitude que nem restringe o conhecimento físico a uma corrente filosófica específica, nem recua diante da necessidade de remodelação (e até mesmo abandono) de conceitos físicos considerados básicos, como a causalidade.

Em *On the quantum theory of measurement*<sup>13</sup> (1957a), artigo mais técnico do ponto de vista matemático, Feyerabend discute detalhadamente o processo de medição dos fenômenos quânticos e apresenta uma alternativa à interpretação de Copenhague, em especial à ideia de medição de Heisenberg (Kuby; Fraser, 2022). Tendo como base a evolução unitária<sup>14</sup>

---

Adler Bohr (mãe de Niels Bohr) (Kojevnikov, 2020). Kojevnikov narra, com base em cartas dos envolvidos, que era comum Bohr andar pelo cômodo, enquanto falava suas ideias para a pessoa responsável pela escrita. Algo que surtiu diversos desentendimentos, pois frequentemente Bohr não ficava satisfeito com o resultado (Cf. Kojevnikov, 2020, p. 18).

<sup>13</sup> Este artigo possui uma versão em alemão – *Zur Quantentheorie der Messung*, publicado na *Zeitschrift für Physik* pouco tempo depois da versão inglesa. Apesar do conteúdo ser, em linhas gerais, o mesmo, Feyerabend faz modificações significativas no texto. A parte matemática (que é bem extensa na versão inglesa) é simplificada e todas as citações a Karl Popper são excluídas.

<sup>14</sup> A evolução unitária pode ser caracterizada como uma evolução determinística de um sistema quântico, ou seja, dada uma condição inicial  $|\varphi\rangle$  para o vetor de

e uma concepção estatística dos sistemas quânticos, o objetivo de Feyerabend é (1) realizar a medição sem a utilização das noções de salto quântico e o chamado corte de Heisenberg<sup>15</sup>; (2) mostrar que o nível clássico não é algo distinto do quântico, mas apenas um caso particular seu<sup>16</sup> (Feyerabend, 1957a). Dos pontos (1) e (2), chegamos ao que é mais interessante para o presente artigo:

A teoria ‘exata’ [Interpretação de Copenhague] omite [as possíveis explicações para o problema da medição], não com base em um argumento racional, que não negue a existência [do problema] e que tente explicar por que podem ser negligenciadas; ela simplesmente as omite, dá um nome a esse procedimento (‘redução do pacote de ondas’; ‘corte’; ‘decisão’; ‘salto quântico’) e supõe que isso equivale a ter descoberto um novo tipo de processo físico. [...] Se quisermos entender por que isso é feito, devemos lembrar que a interpretação atual da mecânica quântica contém a seguinte tese filosófica: a mecânica quântica é uma ferramenta para produzir previsões, e não uma teoria para descrever o mundo, ao passo que os termos clássicos têm referência factual direta. Essa tese implica, é claro, que o nível clássico e o nível quântico sejam totalmente distintos e que a transição de um para o outro não possa ser analisada com mais profundidade. (Feyerabend, 1957a, p. 216-217)

Mesmo elaborando uma alternativa interpretativa que não abandona completamente a Interpretação de Copenhague, Feyerabend critica as

---

estado no tempo  $t=$ , a evolução determina  $|\varphi(t)\rangle$  para qualquer tempo  $t>$ , o que implica que a evolução do estado seja reversível (Bellac, 2006). A descrição contínua, determinista e reversível da evolução unitária tem implicações ontológicas para a mecânica quântica, pois implica que dado um estado inicial bem definido, seu estado evoluído para qualquer tempo pode ser definido (Pessoa Jr, 2003). Há duas formas bem distintas de descrever a evolução de um estado quântico: a dita “inevitável” (Bohr, 1931) da interpretação de Copenhague (indeterminista) e a proposta por Schrödinger (determinista) que, vale ressaltar, é equivalente em termos de resultados físico ao modelo de Heisenberg (Bellac, 2006).

15 Geralmente, a mecânica quântica é considerada a teoria mais fundamental para a compreensão dos fenômenos microscópicos. Neste sentido, espera-se que, a partir da mecânica quântica, seja possível derivar os fenômenos macroscópicos. No entanto, não é isto que ocorre. Há incongruências entre o formalismo quântico e clássico, de maneira que não é possível de uma teoria transitar para a outra, e vice-versa. Esta incompatibilidade é o que, em linhas gerais, denomina-se por corte entre o macro e micro, ou corte de Heisenberg (Hance; Hossenfelder, 2022).

16 Essa argumentação de Feyerabend é bastante similar ao que o filósofo da ciência Michal Stöltzner (2003) chama de indeterminismo de Viena. De acordo com o filósofo, é possível identificar nos físicos austríacos do final do século XIX e início do XX (como Mach, Boltzmann, Exner, Frank, Schrödinger, dentre outros) posicionamento bastante similares. Dentre estes posicionamentos, está a concepção de que a causalidade como princípio físico é uma questão de convenção, algo historicamente estabelecido, não sendo, portanto, algo imprescindível para o desenvolvimento do conhecimento físico. Outro elemento importante é a relação entre causalidade e acausalidade, para estes físicos austríacos ambas as concepções são como faces de uma mesma moeda, não antagônicas. Para mais informações sobre o indeterminismo de Viena (Cf. Stöltzner 2003).

chamadas “leis do silêncio<sup>17</sup>” e, assim como Schrödinger, aponta a insuficiência da teoria quântica. A teoria física, repleta de conceitos que nada explicam e que servem para omitir estas mesmas insuficiências, leva o físico e filósofo austríaco a novamente apontar para a necessidade de que a física não seja apenas um instrumento matemático, mas que nos ajude a compreender o mundo através da elaboração de visões de mundo. Apesar de toda a matemática utilizada no artigo, Feyerabend nos informa, já em 1957, que a carência da mecânica quântica não é de cerne tecnológico, de precisão e até mesmo matemático. Ao não abandonar completamente a Interpretação de Copenhague e propor uma alternativa por dentro de seu léxico, Feyerabend parece indicar que a insuficiência da teoria quântica se encontra em um nível mais fundamental.

### Considerações Finais

Retomando a questão inicial do artigo sobre o lugar que a mecânica quântica ocupa no pensamento de Feyerabend, do que foi dito é possível perceber que entre 1948 e 1970 o tema era central para o autor de *Contra o Método*. Através da mecânica quântica, Feyerabend discorria sobre assuntos que lhes foram caros por toda sua vida – realismo, pluralismo, historicidade dos conceitos, relação entre o empírico e teórico etc. Apesar de nebulosa até mesmo para cientistas especialistas, a mecânica quântica foi para Feyerabend uma espécie de amalgama daquilo que ele considerava interessante e enfadonho, heterodoxo e dogmático, plural e especializado. Através do diálogo (nem sempre amistoso) com as comunidades física e filosófica, Feyerabend foi capaz de fazer da mecânica quântica uma espécie de laboratório para suas ideias. A partir de temas como o problema da medição, o papel de visões de mundo no conhecimento físico, a historicidade

---

17 O filósofo da ciência Arthur Fine (1996) denomina como “lei do silêncio” um conjunto de conceitos que fazem parte do arcabouço teórico da mecânica quântica, cuja definições são consideradas insuficientes, circulares ou até mesmo inexistentes. Dentre esses conceitos estão corte entre macro e micro, colapso da função de onda, salto quântico etc. Para Fine (1996), Balsas e Videira (2013) essa lei do silêncio é uma espécie de “norma”, de valor estatutário, sobre questões que não devem ser formuladas, pois considera-se que a teoria quântica está correta necessitando, apenas, sua aplicação. De acordo com Balsas e Videira: “*Philosophers – if so disposed – were entitled to peruse over metaphysical points, bearing in mind, however, that there was absolutely nothing lacking or amiss as far as the physics of the theory’s foundations were concerned. One consequence of this being that all young (or even not so young) physicists willing or merely inclined to peering over the conceptual basis of QM were frowned upon by their peers and their superiors, thereby being often constrained to forgo a career in physics and pursue instead one in philosophy or history of science. The end result of all this, within the ranks of international physics, is the overall consensus about which ‘philosophers speculate, physicists calculate’*” (Balsas; Videira, 2013, p. 252)

daquilo considerado como compreensível, Feyerabend foi capaz de extrair de uma área extremamente especializada (e matematizada) considerações que estão na base de seu pensamento filosófico a partir da década de 1970 – em especial em *Contra o Método* (1975) e *Adeus à Razão* (1987).

O físico-filósofo austríaco foi capaz de mostrar, desde os anos iniciais de sua vida profissional, que a mecânica quântica nem era uma terra arrasada (como defendiam setores da filosofia e da física da época, mais próximos do mecanicismo de Newton), nem era o ápice do desenvolvimento físico (como professavam – e ainda professam – especialistas), mas uma área que, além dos possíveis debates a partir de suas controvérsias, exhibe um problema crônico da ciência moderna: sua incapacidade de produzir visões de mundo e seu afastamento da sociedade – afastamento que nos dias atuais se manifesta no ainda mais perigoso negacionismo. Apesar de identificar os sintomas na mecânica quântica, Feyerabend foi capaz de identificar que o problema estava em um âmbito maior: a crise na mecânica quântica é, na verdade, um desdobramento da crise na ciência moderna. Como afirma o próprio físico-filósofo:

Visões de mundo também respondem a perguntas sobre origens e propósitos que, mais cedo ou mais tarde, surgem em quase todos os seres humanos. As respostas para essas perguntas estavam disponíveis para Kepler e Newton e foram usadas por eles em suas pesquisas; elas não estão mais disponíveis hoje, pelo menos não nas ciências. (Feyerabend, 1994, p. 146)

As visões de mundo seriam, portanto, parte obrigatória das teorias científicas, cumprindo a necessária tarefa de esclarecer, para todo e qualquer ser humano, o propósito mais importante da ciência.

## Agradecimentos

Rafael Velloso agradece a bolsa de doutorado concedida pela Capes; Antonio Augusto Passos Videira agradece as bolsas de pesquisa concedidas pelo CNPq (303507/2022-5) e pela UERJ (Prociência).

## Referências

- ABRAHÃO, Luiz. Henrique de Lacerda. Feyerabendiana (1951): tradução e comentários. *Tradução em revista*, Rio de Janeiro, v. 2019, p. 13-38, 2019.
- ABRAHÃO, Luiz. Henrique de Lacerda. Koyré e a “epistemologia histórica” de Kuhn e Feyerabend. In: KOYRÉ, Alexandre (org.). *História e Filosofia das Ciências*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2015b, v. 1, p. 203-235.

ABRAHÃO, Luiz. Henrique de Lacerda. *O pluralismo global de Paul Feyerabend*, 351 f. Tese de Doutorado (Filosofia), Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015a.

BALSAS, Álvaro; VIDEIRA, A. Luciano L. Truth by fiat: the Copenhagen interpretation of quantum mechanics. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2. 2013, p. 248-266.

BELLAC, M. L. *Quantum physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2016.

BOHM, David. A suggested interpretation of the quantum theory in terms of “hidden variables”, I. *Physical Review*, n. 2, v. 85, 1952a, p. 166–179.

BOHM, David. A suggested interpretation of the quantum theory in terms of “hidden variables”, II. *Physical Review*, n. 2, v. 85, 1952b, p. 180–193.

BOHM, David. *Causalidade e acaso na física moderna*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2015.

BOHR, Niels. *Atomtheorie und Naturbeschreibung*. Berlin: Springer, 1931.

BOHR, Niels. Foundations of quantum Physics I (1926 - 1932) (=Collected Works, vol. 6), ed. J. Kalckar. Amsterdam: North Holland, 1985.

CAMILLERI, Kristian. Constructing the myth of the Copenhagen interpretation. *Perspectives on Science*, v. 17, 2009, p. 26 – 57.

CASSIN, Barbara *et al.* *Dictionary of untranslatables: a philosophical lexicon*. Princeton: Princeton University Press, 2014.

CHEVALLEY, Catherine. Why do we find Bohr obscure? *In*: GREENBERGER, D.; REITER, W.L.; ZEILINGER, A. Epistemological and Experimental Perspectives on Quantum Physics. Vienna Circle Institute Yearbook, v. 7. Dordrecht: Springer, 1999, p. 59-73.

FEYERABEND, Paul Karl. Complementarity. *In*: GATTEI, Stefano.; AGASSI, Joseph. (org.), *Physics and Philosophy: Philosophical Papers*, vol. 4. New York: Cambridge University Press, [1958a] 2016, p. 49–73.

FEYERABEND, Paul Karl. Der Begriff der Verständlichkeit in der modernen Physik. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 57, 1948, p. 67–69.

FEYERABEND, Paul Karl. Eigenart und Wandlungen physikalischer Erkenntnis. *Physikalische Blätter* v. 21, 1965, p. 197.

FEYERABEND, Paul Karl. Has the scientific view of the world a special status compared with other views? IN: HILGEOORD, Jan (org.), *Physics and our view of the world*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994, p. 135 – 148.

FEYERABEND, Paul Karl. In Defence of classical physics. In: GATTEI, Stefano.; AGASSI, Joseph. (org.), *Physics and philosophy: Philosophical papers*, vol. 4. New York: Cambridge University Press, [1970] 2016, p. 239–267.

FEYERABEND, Paul Karl. *Matando o Tempo: uma autobiografia*. São Paulo: Editora UNESP, 1996.

FEYERABEND, Paul Karl. On the quantum-theory of measurement. In: KÖRNER, Stephan. (org.), *Observation and interpretation*. Proceedings of the Ninth Symposium of the Colston Research Society held in the University of Bristol. Bristol: Academic Press, April 1st-4th, 1957 (Colston papers), 1957, p. 121–130.

FEYERABEND, Paul Karl. Physics and ontology. In: GATTEI, Stefano.; AGASSI, Joseph. (org.), *Physics and philosophy: Philosophical Papers*, v. 4. Cambridge: Cambridge University Press, [1954] 2016, p. 9–24.

FEYERABEND, Paul Karl. Professor Bohm's philosophy of nature. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 10, n. 40, 1960, p. 321–338.

FEYERABEND, Paul Karl. The concept of intelligibility in modern physics. Tradução por Daniel Kuby e Eric Oberheim. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v. 57, [1948] 2015, p. 64–66.

FEYERABEND, Paul Karl. Eigenart und Wandlungen physikalischer Erkenntnis. *Physikalische Blätter*, v. 21, n.5, p. 197–203. Tradução: Rafael Velloso: Peculiaridade e mudança no conhecimento físico. Em *Construção: arquivos de epistemologia histórica e estudos de ciências*, Rio de Janeiro, n. 11, 2022, p. 86 – 94.

FINE, Arthur. On the interpretation of Bohmian mechanics. In: CUSHING, J. T.; FINE, Arthur.; GOLDSTEIN, S. *Bohmian mechanics and quantum theory: An appraisal*. Dordrecht: Springer, 1996, p. 231-250.

FRANK, Philipp. Why do scientists and philosophers so often disagree about the merits of a new theory? *Reviews of Modern Physics*, v. 13, n. 3. p. 171 – 175, 1941.

GINGRAS, Yves. What did mathematics do to physics? *History of Science*, v. 39, n. 4, p. 383-416, 2001.

HAHN, Hans; NEURATH, Otto; CARNAP, Rudolf. A concepção científica do mundo – O Círculo de Viena. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, 1986, p. 5-20.

HANCE, Jonte R; HOSSENFELDER, Sabine. What does it take to solve the measurement problem? *J. Phys. Commun.*, n. 6, 2022.

Kojevnikov, Alexej. *The Copenhagen Network: The birth of quantum mechanics from a postdoctoral perspective*. Heidelberg: Springer, 2009.

PESSOA JR, Osvaldo. *Conceitos de física quântica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.

PRESTON, John. *Feyerabend: Philosophy, science, and society*. Cambridge: Polity Press, 1997.

SCHRÖDINGER, Erwin. Are there quantum jumps? Part I. *British Journal for the Philosophy of Science*, v. 10, n. 3, 1952a, p. 109–123.

SCHRÖDINGER, Erwin. Are there quantum jumps? Part II. *British Journal for the Philosophy of Science*, v. 11, n. 3, 1952b, p. 233–242.

SCHRÖDINGER, Erwin. Die Besonderheit des Weltbilds der Naturwissenschaft. *Acta Physica Austriaca*, v. 1, n. 3, 1948b, p. 201–245.

SCHRÖDINGER, Erwin. *What is life? And other scientific essays*. New York: Doubleday, 1959.

STÖLTZNER, Michael. *Causality, realism and the two strands of Boltzmann's legacy (1896-1936)*, 2003, 355 f., Tese de Doutorado. (Filosofia), Fach Philosophie, Universität Bielefeld, Bielefeld.

VELLOSO, Rafael; Videira, A. A. P. A indissociabilidade entre física e visão de mundo segundo Paul K. Feyerabend. *Principia*, Florianópolis, v. 26, n. 3, 2022, p. 509 – 537.

VIDEIRA, Antonio A. Passos. *A inevitabilidade da filosofia na ciência natural do século 19: o caso da física teórica*. Ijuí: Editora Unijuí, 2013.

[dx.doi.org/](https://doi.org/10.23925/1984-3585.2024i2930p269-294)

10.23925/1984-3585.2024i2930p269-294

Licensed under  
[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Orgulho científico e preconceito metafísico:

### *Ens quantum ens*, teoria quântica e Peirce

Rosa Mayorga<sup>1</sup>

**Resumo:** Metafísicos e físicos compartilham o desejo orgulhoso de entender o mundo e todas as coisas que existem. E assim compreender completamente a natureza da realidade. Quase cem anos depois de ter sido proposta, a teoria quântica transformou radicalmente a ciência da física, convidando a uma concepção de realidade que está drasticamente em desacordo com nossas convicções metafísicas mais arraigadas. Um cientista e metafísico extraordinário, Charles Sanders Peirce (1839–1914) estava singularmente preparado para reconhecer alguns dos “preconceitos metafísicos” sobre o mundo que a teoria quântica, desenvolvida anos depois, revelou. Este artigo propõe traçar como o realismo de Peirce, inspirado por John Duns Scotus (c. 1266–1308), monge franciscano do século XIII, adaptado para uma metafísica científica reconcebida, aproxima-se de alguns dos enigmas familiares colocados pela física quântica no início do século XXI.

**Palavras-chave:** Orgulho, preconceito, metafísica, Teoria quântica, Peirce.

---

<sup>1</sup> Rosa Mayorga é professora de filosofia em Miami-Dade Community College. Especialista em metafísica e filosofia medieval e renascentista. Escreveu várias obras sobre o realismo na filosofia de C. S. Peirce. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-7501-1281> E-mail: [rmayorga@mdc.edu](mailto:rmayorga@mdc.edu).

## **Scientific pride and metaphysical prejudice: *ens quantum ens*, quantum theory, and Peirce**

**Abstract:** Metaphysicians and physicists both share the proud desire to understand the world and all the things in it, to fully comprehend the nature of reality. Almost one hundred years after it was proposed, quantum theory has radically transformed the science of physics, inviting a conception of reality that is drastically at odds with our most rooted metaphysical convictions. A scientist and metaphysician extraordinaire, Charles Sanders Peirce (1839–1914) was singularly poised to recognize some of the “metaphysical prejudices” about the world that quantum theory, developed years later, has revealed. This article proposes to trace how Peirce’s realism, inspired by the thirteenth-century Franciscan monk John Duns Scotus (c. 1266–1308) and adapted for a recon-ceived scientific metaphysics, parallels some of the familiar enigmas posed by quantum physics in the early twenty-first century.

**Keywords:** Pride, prejudice, metaphysics, Quantum theory, Peirce.

*Se todos os homens por natureza  
desejam saber, então desejam, acima de tudo,  
o maior conhecimento ou ciência.  
John Duns Scotus (1997, p. 6)*

*Não importa quão imperfeito seja  
o conhecimento de um homem,  
quão misturado com erro e preconceito;  
desde o momento em que ele se engaja  
em uma investigação com o espírito [científico]  
[...], o que o ocupa é ciência.  
Charles Sanders Peirce (CP 7.54)*

*Cada um de nós provavelmente começa  
com um pequeno viés e, a partir desse viés,  
constrói cada circunstância em favor dele.  
Jane Austen (1998, p. 220)*

*A natureza é mais rica do que  
nossos preconceitos metafísicos.  
Carlo Rovelli (2021, p. 135)*

A relação entre a metafísica e a física é antiga e complexa. Como em todos os relacionamentos, há tanto interesses comuns quanto diversos; diferentes maneiras de fazer as coisas, mas com uma disposição geral para contribuir em direção a um objetivo compartilhado; ao longo do caminho, desentendimentos, disputas, distanciamentos e, às vezes, felizmente, uma reconciliação. Metafísicos e físicos compartilham ambos o orgulho no duplo sentido tradicional de autovalorização justificada, mas que, em excesso, torna-se vaidade e o desejo de entender o mundo e as coisas nele, a natureza da realidade.

Quase cem anos após ter sido proposta pela primeira vez, a teoria quântica transformou radicalmente a ciência da física, convidando a uma concepção de realidade que está drasticamente em desacordo com nossas convicções metafísicas mais enraizadas sobre ela. Tanto cientista quanto metafísico extraordinário, Charles Sanders Peirce (1839–1914) estava singularmente preparado para prever alguns dos “preconceitos metafísicos” sobre o mundo e como o conhecemos, que a teoria quântica, desenvolvida pouco mais de duas décadas após Peirce, revelou. Estudiosos de Peirce notaram como o tichismo de Peirce (Reynolds, 2002; Fernandez (2008); Short (2007); Hartshorne (1973), sua doutrina do acaso absoluto, antecipou o indeterminismo declarado da teoria quântica. O propósito deste

artigo é mais construtivo do que crítico. Para mais sobre o realismo de Peirce, ver Boler (1963); Haack (1992); Mayorga (2007); e Lane (2018). Proponho traçar como o realismo de Peirce, inspirado pelo monge franciscano do século XIII John Duns Scotus (c. 1266–1308), adaptado para uma metafísica científica reconcebida, aproxima-se de alguns dos enigmas familiares colocados pela física quântica.

### Metafísica versus Ciência

Como é familiar, o termo “metafísica”, derivado do grego clássico (*meta phusika*), significa “depois das coisas da natureza”, uma referência à ordem em que os escritos de Aristóteles (384–322 a.C.) sobre a natureza foram compilados após sua morte (Boersema, 2008). Esses tópicos, agrupados sob a “física”, lidavam com a observação, percepção sensorial e o mundo natural, seguidos por trabalhos que tratavam de questões mais amplas, como a causalidade, a mudança e o “ser enquanto ser” (*ens quantum ens*, como expressaram seus comentadores medievais em latim). (Em latim, “res” é usado para “coisa”, enquanto “ens” geralmente indica um “ser”.) A metafísica, portanto, estuda diferentes tipos de seres que constituem o que chamamos de “realidade”; não apenas objetos físicos como maçãs, cavalos e cadeiras (*res*, em latim) acessíveis pelos sentidos, mas também seres não físicos, como almas, bem como tipos abstratos de coisas, tais como propriedades, eventos e relações, que não são tão diretamente acessíveis. Isso introduz questões sobre o que torna algo real, a natureza da existência e qual tipo de acessibilidade pode levar a uma alegação de conhecimento, se houver alguma.

Embora tanto a física quanto a metafísica tenham como objetivo comum alcançar o conhecimento da realidade última, seus caminhos divergiram cada vez mais ao longo dos séculos, com a física e o restante das ciências aplicadas adicionando instrumentos e processos especializados à sua metodologia, enquanto a metafísica continuou a depender quase inteiramente do raciocínio, da intuição e, em alguns casos, da revelação. Charles Sanders Peirce, “um físico e um químico, e como tal ansioso para levar a investigação na direção de um melhor conhecimento da anatomia e fisiologia minuciosas da matéria”, explica que aquilo que o levou a “especulações metafísicas, para as quais [ele] não estava antes inclinado”, foi o fato de ser “principalmente um estudante dos métodos da ciência” (CP 7.506, c.1898). Ele se perguntou: “Como vamos descobrir algo mais do que já [sabemos] sobre moléculas e átomos [...] e [...] traçar um plano amplo para qualquer outro grande avanço?” (CP 7.506, c.1898). Sua resposta foi “fundir” a metafísica e a ciência.

Peirce, notoriamente, qualificou os quatro métodos que usamos para “fixar crenças” como sendo o da autoridade, tenacidade, *a priori* e o método científico (CP 5.358). O conceito de método científico de Peirce, no entanto, é muito mais amplo do que o dos cientistas em atividade – é qualquer investigação que utilize observação cuidadosa (não necessariamente com instrumentos e equipamentos especializados), experiência e raciocínio, com o objetivo de chegar à verdade. Este é o método que Peirce defende para revitalizar a metafísica, que ele observou ter estado “em uma condição deploravelmente atrasada” por algum tempo (CP 6.2, 1898), deteriorando-se em uma “ciência fraca, raquítica e moralmente degradada”, principalmente devido, afirmou ele, à sua contaminação com a “filosofia seminarista”, argumenta Peirce com alusão a aqueles que confundem teologia com filosofia (CP 1.620, 1898). A razão para o estado atual atrasado da metafísica não é por “qualquer dificuldade intrínseca”. A metafísica “realmente se baseia na observação”, mas isso não é universalmente reconhecido porque os tipos de fenômenos nos quais se baseia são aqueles dos quais “a experiência de cada pessoa está tão saturada que geralmente não presta atenção particular a eles” (CP 6.2, 1898).

Enquanto metafísicos adquiriam a reputação de se envolverem em “disputas intermináveis e triviais” (CP 6.5, 1898), os cientistas orgulhosamente avançavam o conhecimento em suas respectivas áreas aos saltos. Armado com sua máxima pragmática, que serve para definir conceitos em termos de seus efeitos experienciáveis, Peirce propõe livrar a metafísica de “palavras sem sentido” e restaurá-la ao seu estado original como uma ciência, uma metafísica científica, que a torne contínua com as ciências especiais – “de modo que, varrido todo esse lixo, o que restará da filosofia será uma série de problemas passíveis de investigação pelos métodos observacionais das verdadeiras ciências” (CP 5.423, 1905).

Uma metafísica científica, então, é uma verdadeira ciência, pois segue o método científico de envolvimento com fenômenos observáveis, sem a necessidade de equipamentos especializados, sendo apenas “uma comparação dos fatos da vida cotidiana, como se apresentam a cada pessoa adulta e sã”, analisados “com um escrutínio mais atento” por meio do raciocínio abduutivo, indutivo e dedutivo (ver EP 2, p. 146). Não é o caso de que Peirce pensasse que tudo estava bem com as ciências especiais de sua época. Ele considerava que muitas erroneamente aderiam ao “necessitarismo” ou determinismo, “a crença comum de que cada fato no universo é precisamente determinado por lei” (CP 6.36, 1891), e “explicavam fenômenos familiares [...] estendendo a operação de princípios mecânicos

simples, como é comum ao nominalismo”, em oposição ao realismo, a doutrina que ele prescrevia, sem a qual, argumentava, a ciência não seria possível (CP 8.38, 1871).

A metafísica fornece as pressuposições básicas sobre as quais o restante das ciências se apoia, mas que ainda suportam “investigação laboriosa e sólida” tal como [...] “se há alguma existência estritamente individual [...] alguma indeterminação definida [...] que explicação pode ser dada da aparente conexão com determinações de massa, espaço e tempo?” (CP 6.6, c.1903–1904). Peirce aborda essas questões metafísicas à luz de seu realismo escolástico, expresso na terminologia de suas categorias de primeiridade, secundidade e terceiridade, que são refletidas em suas teorias cosmológicas do tichismo, sinequismo e agapismo. Mas antes de chegarmos a Peirce, deixe-me retornar ao presente e destacar brevemente alguns dos dilemas metafísicos sobre existência individual, indeterminação e nossa “conexão” com massa, espaço e tempo colocados pela teoria quântica, os quais, afirmo, Peirce antecipou e tentou abordar.

### **Teoria Quântica e *Res***

A teoria quântica requer que abandonemos o que nos parece óbvio e mais natural – um preconceito metafísico – a ideia básica de um mundo composto por coisas que existem independentemente, ocupa espaço e estão sujeitas ao tempo e a certas leis. Desde que foi proposta pela primeira vez, os anos não diminuíram suas alegações chocantes, e até mesmo aqueles que se dedicam ao seu estudo ainda a acham desconcertante. Mas a mecânica quântica é surpreendentemente bem-sucedida – astrofísicos, engenheiros, biólogos e engenheiros a utilizam diariamente. Seus produtos, computadores, telefones celulares, fornos de micro-ondas etc. são parte integrante de nossas vidas; e suas previsões de novos fenômenos se mostraram corretas. Parecia, em um ponto relativamente recente da história, que, com base na física clássica newtoniana, a realidade, tal como a concebíamos, poderia ser explicada em termos simples – objetos materiais obedecem de forma incondicional e previsível a algumas leis que podem ser expressas matematicamente.

Com o advento da teoria atômica e a alegação de que objetos materiais são feitos de partículas menores compostas de partículas subatômicas ainda menores, estávamos cada vez mais próximos de uma descrição completa das coisas que nos cercam e das forças universais que as guiam, compondo a nossa visão do mundo real. Essa visão do mundo,

porém, foi despedaçada no início do século XX com o trabalho de Albert Einstein, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Louis de Broglie, Max Born, Niels Bohr, Pascual Jordan, Paul Dirac, Wolfgang Pauli, e muitos outros desde então, que, por meio de observações especializadas, medições e cálculos matemáticos, descobriram que, uma vez que se concentra a atenção no nível subatômico, toda a imagem muda. O “coração da teoria quântica”, do qual “tudo mais decorre – desde o computador quântico até a bomba atômica”, pode ser expresso em uma equação:  $XP - PX = i\hbar$ , onde  $X$  indica a posição da partícula,  $P$  sua velocidade multiplicada por sua massa,  $i$  é o símbolo matemático da raiz quadrada de  $-1$ , e  $\hbar$  é a constante de Planck (Rovelli, 2021, p. 36).

Ao tentar explicar como os elétrons se movem em órbitas dentro dos átomos, os blocos de construção básicos de tudo, Bohr descobre que eles o fazem de maneiras precisas, misteriosamente “saltando” de um lugar para outro enquanto emitem quantidades precisas (fótons) de luz. Heisenberg decifra o padrão substituindo as variáveis usuais (velocidade, energia, posição) por tabelas matemáticas, ou matrizes, de probabilidades, o que possibilitou o cálculo correto dos resultados e previsões precisas do comportamento bizarro observado nos experimentos (Rovelli, 2021, p. 12-13). Pauli, trabalhando junto com Heisenberg, Born e Jordan, completa os cálculos, que são confirmados independentemente por Dirac. Na época, Born tinha cerca de quarenta anos, enquanto Heisenberg, Jordan, Dirac e Pauli estavam na casa dos vinte (Rovelli, 2021, p. 12-13, 16). A nova teoria não só confirma os achados estranhos de Bohr sobre o comportamento dos elétrons, mas também permite o cálculo da intensidade da luz emitida, que coincide com os obtidos por meio da experimentação (*ibid.* p. 16).

Com base em muitos experimentos e análises dos dados recolhidos desde então, físicos teóricos quânticos, como Carlo Rovelli, concluíram (de forma geral) que (1) não existem tais coisas como partículas elementares existentes independentemente, nenhum bloco de construção básico, mas sim apenas padrões ondulatórios de (2) interconexões prováveis entre as coisas, que surgem de forma indeterminada sem causa aparente e (3) se comportam de maneiras bastante inesperadas e extraordinárias. Essas três conclusões, na minha opinião, se alinham com as perguntas de Peirce resumidas acima sobre alguns de nossos pressupostos (ou preconceitos) metafísicos, que ele antecipou como precisando de uma análise mais aprofundada.

Vamos começar com (1), a alegação de que, uma vez que nos aprofundamos no nível subatômico, não encontramos nenhuma partícula de matéria, coisa ou objeto (*res*) que exista independentemente, tal como a

concebemos, como tendo propriedades e ocupando espaço. (Schrödinger propôs que os elétrons não são partículas, mas ondas, . Born posteriormente revisou isso para dizer que “o valor da onda de Schrödinger em um ponto no espaço está relacionado à probabilidade de observar o elétron nesse ponto”; *apud* Rovelli, 2021, p. 27). O fenômeno observado em experimentos com feixes de laser e refração é chamado “superposição quântica”, definido como “quando duas propriedades contraditórias estão, em certo sentido, presentes juntas”; por exemplo, um objeto pode estar aqui, mas ao mesmo tempo em outro lugar. Em certo sentido, ele está nos dois lugares, em uma “superposição” de posições (Rovelli, 2021, p. 46). O experimento ocorre da seguinte forma – um feixe de laser composto por um pequeno número de fótons é dividido por um prisma em dois caminhos paralelos (A, B). Os dois caminhos são reintegrados por outro prisma antes de serem novamente divididos e acabarem em dois detectores (1, 2). Se o caminho A ou o B for bloqueado (por exemplo, por uma mão), metade dos fótons termina no detector 1, a outra metade no detector 2.

Porém, se ambos os caminhos estiverem abertos, livres de qualquer bloqueio, todos os fótons acabam no detector 2. Isso é peculiar: por que bloquear um caminho afeta o comportamento do outro caminho (não bloqueado)? E por que não bloquear nenhum caminho faz todos os fótons irem para apenas um detector, em vez da metade ir para um e metade para o outro? A resposta é “interferência quântica”; há interferência com os fótons em forma de onda nos caminhos A e B quando ambos estão abertos. Quando um caminho é bloqueado, os fótons se comportam de maneira diferente. O que realmente vemos, no entanto, não é a superposição, mas sim sua consequência, a “interferência quântica” (*ibid.*, p. 45). Esta é a ideia por trás da descrição de Heisenberg da posição do elétron como uma probabilidade, e não em uma órbita específica ou outra. O elétron está, de certo modo, em todas as órbitas, mas, se você o procurar, ele estará apenas em uma.

O princípio da incerteza de Heisenberg, como o postulado ficou conhecido, é frequentemente descrito como o fato de que não se pode conhecer ao mesmo tempo a posição e a velocidade de um objeto subatômico, como um fóton ou um elétron, com precisão perfeita; quanto mais sabemos sua posição, menos sabemos sua velocidade, e vice-versa. Mas isso não está exatamente certo; a alegação não é que não podemos medir a posição com precisão e depois a velocidade com exatidão; isso pode ser feito, mas depois de medir a velocidade, encontraremos a posição alterada. O ponto é que as duas variáveis não podem ser determinadas juntas;

a situação só pode ser descrita como probabilística. Porém o princípio da incerteza de Heisenberg não é apenas verdadeiro no mundo subatômico; a teoria quântica foi aplicada em todas as disciplinas, prevendo novos fenômenos nunca imaginados. Entre a lista de novos fenômenos nunca imaginados estavam as ogivas nucleares. Até hoje, a teoria não foi provada errada (Rovelli, 2021, p. 17-18), e. Suas alegações, então, aplicam-se também ao nosso mundo macroscópico cotidiano. Essa visão de um mundo probabilístico e indeterminado é profundamente perturbadora metafisicamente, pois não esclarece como conceitualizar os objetos cotidianos que experimentamos como humanos e que a ciência deveria explicar.

Schrödinger tentou ilustrar esse enigma em uma escala humana com seu famoso experimento mental. Um gato é colocado em uma caixa com um dispositivo que pode abrir uma garrafa de gás venenoso, o que resultará na morte do gato, ou não abrirá, e o gato permanecerá vivo. Se o gato for descrito com precisão pela teoria quântica, ele está em uma superposição quântica, tanto “gato-morto” quanto “gato-vivo” até abrirmos a caixa e olharmos para dentro; veremos ou ele, vivo ou morto, mas obviamente não os dois. Mas dizer que o gato está em superposição quântica enquanto está dentro da caixa é diferente de dizer que não sabemos se o gato está vivo ou morto (Rovelli, 2021, p. 53). É mais correto dizer que é indeterminado se o gato está em um estado ou em outro. Assim como há efeitos de interferência entre os dois caminhos dos fótons, há efeitos de interferência entre “gato-vivo” e “gato-morto” (na caixa) que mudam quando o gato é observado.

Entretanto, a interferência é muito pequena para que vejamos os efeitos, e em nossa escala há variáveis demais; por isso não estamos cientes da mecânica quântica em nossas vidas diárias. Não podemos observar a superposição quântica entre “gato-vivo” e “gato-morto”, então substituímos isso pelo fato de que não sabemos se o gato está vivo ou não (*ibid.*, p. 210). Existem outras interpretações dos dados quânticos, por exemplo, as teorias dos muitos mundos, variáveis ocultas, colapso físico, Q-bismo etc., mas não há espaço para discutir essas aqui. Como a interferência quântica e as pequenas flutuações de probabilidade nos escapam, interpretamos o mundo como estável e determinado e os fatos como certos. No entanto, isso é apenas uma aproximação, como é revelado quando examinamos o mundo subatômico.

O princípio de Heisenberg significa que um objeto quântico nunca tem variáveis perfeitamente determinadas, como velocidade e posição; estas só são determinadas em uma interação, quando uma ou outra é

indeterminada (*ibid.*, p. 215). A alegação, então, é que existe (2) uma indeterminação definitiva e, ao mesmo tempo, uma interconexão essencial entre o objeto e o observador. O fenômeno quântico que incorpora essa interconexão das coisas é o “emaranhamento”. É (3) um tipo de conexão estranha mantida inexplicavelmente entre objetos muito distantes – se eles estão emaranhados, tornam-se “correlacionados”, ambos exibindo as mesmas características aleatórias, mesmo quando separados por grandes distâncias de espaço-tempo.

Em um exemplo de fótons com uma superposição das cores vermelho e azul, “cada fóton pode se revelar como vermelho ou azul no momento em que é observado, mas se um for encontrado como azul, então o outro – a uma grande distância – [espantosamente] também será azul” (*ibid.*, p. 90). E não é o caso de um fóton sinalizar para o outro mudar para a cor do outro, nem que a cor seja predeterminada antes de sua separação; ambas essas possíveis explicações foram excluídas em inúmeros experimentos, e ainda assim, os resultados correlacionados desconcertantes persistem, não importa quão longe o par de fótons esteja (*ibid.*, p. 92). Se substituirmos o “motivo” humano pelo “emaranhamento” quântico, a famosa declaração de Elizabeth Bennet no romance *Orgulho e Preconceito* ainda faria sentido – “A distância é nada se há motivo [ou emaranhamento]” (Austen, 1960, p. 33).

Uma interpretação para esses fenômenos quânticos desconcertantes é conhecida como a teoria “relacional”. Rovelli argumenta a favor dessa possível interpretação, em oposição às hipóteses dos muitos mundos, variáveis ocultas, colapso físico e Q-bismo. Embora ele mencione William James brevemente, ele não parece estar familiarizado com o trabalho de Peirce, com o qual vejo muitas semelhanças. Esses fenômenos quânticos são desconcertantes, diz a alegação, porque a teoria quântica “não descreve a maneira como os objetos quânticos se manifestam para nós”; isto é, para nós eles parecem objetos isolados, ou res, que é como tendemos a dividir o mundo; mas, ao contrário, quanta descrevem como cada coisa física se manifesta para, ou “age sobre qualquer outra coisa física” (Rovelli, 2021, p. 75). O que consideramos um objeto existente individualmente é realmente algo que interage com seu entorno; um objeto que não interage ou afeta seu entorno de alguma forma seria, para todos os fins práticos, inexistente. Em vez de descrever o mundo como uma coleção de objetos com propriedades definidas no espaço e no tempo, o que fazemos por hábito, a teoria quântica retrata o mundo como “uma rede de relações que determinam as propriedades dos objetos como resultado de suas in-

terações com seu entorno” (*ibid.*, p. 79). O que chamamos de “realidade”, então, é uma vasta teia de entidades interagindo que se manifestam ao interagir umas com as outras, e nós somos parte dessa teia (*ibid.*, p. 77).

A interpretação relacional explica o emaranhamento da seguinte forma – dizer que dois objetos estão correlacionados é dizer que ambos interagem com um terceiro objeto que observa; o que parecia ser uma comunicação estranha entre dois objetos distantes é explicado pela existência de um terceiro objeto que interage com ambos. Uma correlação, então, é uma propriedade dos dois objetos quando há um terceiro objeto que interage com ambos (*ibid.*, p. 97). Mas embora a teoria quântica afirme que as propriedades existem apenas quando há interações, e, portanto, são relativas, ao mesmo tempo, há uma certa consistência (sujeita a um elemento real, mas raro, de acaso) quando essas interações ocorrem, que é o que “fundamenta a objetividade da nossa visão comunitária do mundo” (*ibid.*, p. 100).

Em suma, a mecânica quântica inverte a teoria da mecânica clássica e expõe nossos preconceitos metafísicos sobre a natureza da realidade última – a alegação é que é o todo que determina as propriedades e o comportamento de suas partes, e não o contrário, como pensávamos (Capra, 1996, p. 31). E em termos de suas partes, os teóricos quânticos afirmam ainda que a partícula elementar “não é uma entidade existente independentemente, inanalizável. Ela é, essencialmente, um conjunto de relações que se estende para outras coisas” (*ibid.*). Agora, o reconhecimento das relações como reais, de que as relações são tripartidas, e a alegação de que singulares, em certo sentido, não existem. – Observe que “singulares”, “particulares” e “indivíduos”, embora usemos esses termos como sinônimos na maior parte do tempo, têm significados diferentes (e Peirce estava ciente disso). A afirmação de que singulares não existem é familiar para aqueles que conhecem Peirce e o realismo escolástico. Peirce “nunca conseguiu pensar de outra maneira”, e essa ideia permeou sua metafísica científica (CP 1.20, 1903). Voltemos agora a Duns Scotus, que “fortemente influenciou” Peirce e cuja metafísica escolástica, quando “adaptada à cultura moderna”, Peirce estava “convencido [...] de que é a melhor para harmonizar com a ciência física” (CP 1.6, 1897).

### **Quantum ens e Scotus**

O termo “*quantum*” é derivado do latim, significando uma quantidade particular ou unidade, e foi adotado como nome da teoria científica

na virada do século XX, referenciando os pacotes específicos de energia detectados quando os elétrons saltavam de uma órbita para outra. Note-se que o termo “quântico” é usado tanto em metafísica quanto em física. – Mas o termo latino *quantum* também significa “como” ou “tal como”. Nesse sentido, o termo descreveu o foco principal da metafísica aristotélica, o estudo ou ciência do ser enquanto ser, desde a reintrodução das principais partes de seu *corpus* na Europa Ocidental, principalmente por meio de traduções árabes no século XIII. (Embora os trabalhos lógicos fossem conhecidos desde o século VI, o *corpus* de textos mais substanciais não estava disponível no Ocidente até bem mais tarde; cf. Ingham e Dreyer, 2004, p. 2).

Apesar da dificuldade de defender as ideias de Aristóteles durante o período das condenações da igreja em 1270 e 1277, direcionadas contra as posições aristotélicas que conflitavam com o dogma cristão (cf. Ingham e Dreyer, 2004, p. 6), Duns Scotus adotou a forma aristotélica de entender e explicar a realidade, bem como suas teorias de cognição abstrativa e conhecimento, em lugar do modelo agostiniano-platônico estabelecido (mais compatível com a perspectiva religiosa medieval) de iluminação divina e ideias inatas fundamentando a objetividade de todo o conhecimento.

A principal preocupação epistemológica da época centrava-se na possibilidade de qualquer tipo de conhecimento do mundo e das coisas nele. Não apenas conhecimento do mundo dos seres finitos ou contingentes, mas também de Deus e outros seres espirituais, como anjos. Uma descrição da constituição do intelecto e do processo de cognição de coisas particulares era um dos principais focos. Como cristão, Scotus acreditava que a alma humana, base do intelecto e da vontade, sobrevive à morte do corpo em uma vida após a morte. Refletindo sobre a experiência e as condições para o conhecimento humano “nesta vida presente”, ele alcança uma resposta afirmativa para a questão epistemológica ao elaborar a abordagem aristotélica da metafísica e reformulá-la em termos cristãos. Ele faz isso de duas maneiras significativas: afirmando que “ser” é um termo unívoco e expandindo a teoria da cognição de Aristóteles para incluir a intuição, um ato intelectual separado da abstração. Dessa forma, Deus, anjos e almas são incluídos como seres e fazem parte do projeto epistemológico de Scotus (Ingham e Dreyer, 2004, p. 24). Duns Scotus aborda esses dois aspectos simultaneamente ao responder à sua pergunta: “Qual é o primeiro objeto do intelecto?” na *ordinatio* – o que primeiro se apresenta indistintamente à intelecção no nível mais básico é o ser (*ens*); ser é o que é mais comum a tudo o que é e o que inicia os atos de abstração e intuição

que resultam no conhecimento humano (*Ordinatio* I, d.3, nn.137-39; ed. Vat. 3:85-87). A “maior ciência”, a metafísica, corresponde “àquelas coisas que são mais conhecíveis”, que é o ser enquanto ser (*ens quantum ens*), já que se pode predicar ser de tudo o que é (Duns Scotus, 1997, p. 8). A univocidade do ser fundamenta toda a cognição humana e sua relação com o mundo, o que também permitia a Scotus declarar que podemos ter conhecimento de Deus. Para Duns Scotus, o mundo e a mente estão em uma relação de presença mútua que resulta em nossos conceitos, nosso conhecimento da realidade.

A mente, uma substância imaterial, adquire conhecimento de objetos materiais por meio da essência imaterial ou natureza comum (*quidditas*, ou “essência”) inerente a eles, através de várias etapas no processo de abstração. A abstração começa com a experiência sensorial de um objeto existente, desencadeando o processo de percepção, que por sua vez dá origem a uma imagem sensorial perceptual (*fantasma*) na imaginação. Essa imagem forma a base para a atividade da intelectção – a parte potencial ou possível (passiva) do intelecto recebe a imagem, que a parte agente (ativa) do intelecto transforma em uma semelhança inteligível (*species intelligibilis*) ou conceito universal, que substitui a imagem sensorial no intelecto possível.

A etapa final desse processo mediado, que começou com o objeto material, conclui-se com formulações conceituais no intelecto possível do objeto, conceitos (universais) que podem então ser convocados na ausência do próprio objeto. Isso é o que Aristóteles e Scotus chamaram de “conhecimento científico”. Mas se tudo a que a mente tem acesso são imagens mentais que ela transforma em conceitos universais por meio de abstrações, em que sentido esses universais abstratos são “reais” e representativos de um verdadeiro conhecimento, e não meras ficções? Scotus tenta responder a isso de algumas maneiras: com suas teorias do realismo universal e da cognição intuitiva.

Scotus argumenta notoriamente pela posição do realismo universal, a alegação de que os universais são reais, enquanto William de Ockham representa a contraposição do nominalismo, a alegação de que apenas os objetos materiais são reais, enquanto os conceitos mentais são meros “nomes”, carecem de existência e não são reais. Ao contrário dos universais platônicos que existem no reino das formas, a forma de realismo “moderado” de Scotus alega que os universais são reais, apesar de sua falta de existência concreta *per se*. Em outras palavras, Scotus faz uma distinção entre existência e realidade: tudo o que existe é real, mas nem tudo que

é real existe. Os universais fazem parte da ordem conceitual, o resultado da atividade de abstração, mas ainda são reais porque são um produto da essência abstraída, da natureza comum, ou *quidditas* no objeto, e o torna o que ele é. Uma vez produzidos na mente, um universal permanece no intelecto, armazenado na memória, e pode ser recordado e pensado sem a presença do objeto perceptual.

Scotus distingue três formas de como os conceitos se relacionam com seus objetos perceptuais: a *distinctio rationis* (distinção conceitual), onde dois termos diferentes têm o mesmo referente na realidade, por exemplo, Jane Austen e a autora de *Orgulho e Preconceito*; a *distinctio realis* (distinção real), como nos dois indivíduos Scotus e Peirce; e a *distinctio formalis* (distinção formal), baseada em um aspecto real do objeto, mas que não existe independentemente dele, como a natureza comum da humanidade que Austen, Scotus e Peirce compartilham. Assim, a natureza comum em si mesma também é uma formalidade, pois é real, mas não existe separadamente do singular existente.

A segunda forma que Scotus defende a alegação de conhecimento verdadeiro do mundo é identificando um segundo ato de cognição além da abstração, a saber, a cognição intuitiva. Assim como a abstração, a cognição intuitiva começa com a experiência sensorial, mas, ao contrário da abstração, é imediata, não mediada por uma imagem representacional, mas sim uma consciência direta do objeto perceptual como presente e existente, um ato de presença entre a mente e o objeto sem uma espécie inteligível interveniente criada na mente. Essa capacidade continua após a morte, quando as almas afortunadas experimentam a visão beatífica de Deus. Proposições evidentes por si mesmas, como “o todo é maior que suas partes”, também são conhecidas intuitivamente. O fato de que Deus, conforme implicado por sua essência divina, conhece todas as coisas finitas possíveis que permanecem em seu pensamento por toda a eternidade explica a “luz natural” pela qual reconhecemos a verdade dos princípios evidentes por si mesmos e fundamenta nosso assentimento humano a isso (Pini, 2020, p. 23). A intuição, então, proporciona certeza da existência e presença do objeto, bem como das proposições evidentes por si mesmas, enquanto a abstração apreende a essência do objeto, de modo que com essas duas, podemos afirmar ter conhecimento científico do mundo.

Porém, da nossa perspectiva humana, nosso conhecimento é limitado; não é o conhecimento do objeto singular como singular, em sua singularidade, sua *haecceitas* (“istoidade”), mas apenas de sua *quidditas* – que é o que é abstraído – podemos intuir o objeto como existente, mas não

captamos sua singularidade intelectualmente. Usamos os termos “particular”, “individual” e “singular” como sinônimos, mas cada um aponta para uma característica diferente de uma coisa existente. Um particular é uma instância, uma “parte”, de um tipo universal ou geral; um indivíduo não pode ser dividido mais adiante; e um singular, ou singularidade, é único, um, uma unidade, único.

A *haecceitas*, ou a diferença individuante última, como ele preferia chamá-la, é a resposta à pergunta de Scotus sobre “o que faz isto ser isto e não aquilo, isto é, por que uma natureza é esta [singular] e incomunicável a outra” (Lazella, 2019, p. 169). Scotus argumenta que a *haecceitas* não é matéria, forma, acidente, substância; nem é “qualquer coisa da qual o ser possa ser predicado de forma *quiditativa*” e, portanto, não pode ser definida (pelo menos por nós, já que nosso conhecimento é quiditativo; *ibid.*, p. 166). Não é uma coisa, mas também não é nada (uma *formalitas*) – um fator determinante positivo que explica o singular único que completa a divisão do ser, culminando na perfeição, ou atualização, da natureza comum. Não é existência, que é uma modalidade, enquanto atualidade é um conceito mais amplo. – A cognição intuitiva não captura a singularidade – apenas registra o objeto externo como existente “aqui e agora”:

O intelecto [...] conhece intuitivamente essa natureza como existente, e essa cognição de um existente como existente é suficiente para tornar possível a lembrança dele... ‘Aqui’ e ‘agora’ são propriedades singulares que podem pertencer a uma natureza, não como singular, embora seja verdade que essas propriedades só podem pertencer a algo que é singular... No entanto, elas não incluem formalmente, nem essencialmente pressupõem, a singularidade como a razão precisa de estarem lá. (*Ordinatio* IV, d. 45, q. 3, n. 21)

É um fato curioso de nossa existência humana que não temos acesso, em nosso estado atual, para captar a *haecceitas*. Encontramos indivíduos e os conhecemos através de seus acidentes ou propriedades, mas sua singularidade como tal permanece ininteligível para nós. Scotus pergunta: “qual é esse impedimento? Respondo: nosso intelecto neste estado não é apto a se mover ou ser movido imediatamente, a menos que seja movido por algo imaginável ou sensível externo” (*Ordinatio* II, d.3, p. 2, q.1, n. 288; Lazetta, 2029, p. 184). Scotus especula sobre possíveis razões para nossa incapacidade, pelo menos nesta vida, de conhecer diferenças individuais como tal. Ele menciona a possibilidade do pecado de Adão e Eva, um pecado de orgulho excessivo ao tentar alcançar o conhecimento de Deus comendo do fruto proibido, e a punição resultante de uma natureza falha (propensa a erros e preconceitos) herdada por seus descendentes, mas ele não chega a uma conclusão definitiva.

Entretanto, o fato de que não podemos conhecer a singularidade, nem mediada nem imediatamente no intelecto, representa um problema, acredita Scotus, ao explicar estados afetivos, como amor, amizade ou fé, que são direcionados a singulares específicos que precisamos distinguir. Scotus resolve essa questão por meio de sua doutrina da vontade, que, assim como o intelecto, é uma característica da alma. Atos de amor, amizade e fé são volitivos e fornecem os meios para nos relacionarmos com os indivíduos em sua singularidade desta forma, mesmo que a singularidade em si esteja fora do alcance intelectual. É através de suas teorias de cognição e de seu realismo escolástico que Scotus faz a defesa de uma espécie limitada de conhecimento humano do mundo. Agora me volto para Peirce.

### **Orgulho, Preconceito e Peirce**

Peirce nos diz que sentia satisfação, ou “orgulho pela total ausência de originalidade em tudo que [ele]... jamais tentou trazer à atenção de lógicos e metafísicos” (CP 8.213, c.1905). Como “há um resíduo de erro nas opiniões de todo indivíduo”, ele admirava a “total ausência de presunção” dos filósofos escolásticos, cujo trabalho “não foi concebido para incorporar suas ideias, mas a verdade universal” (CP 8.11–12, 1871). Essa atitude humilde contrasta com a “tendência dos homens à exageração presunçosa de suas capacidades de raciocínio” (CP 1.662, 1898) e com os “falsos” raciocinadores, que, de má-fé, “aprendem a olhar para frente e ver a que conclusões um método dado levará antes de aderirem a ele” (CP 1.57, c.1896).

A própria noção de verdade de Peirce reflete o fato de que, embora “um indivíduo possa não viver para alcançar a verdade ... há uma opinião definitiva para a qual a mente humana está ... tendendo” (CP 1.57, c.1896). E essa opinião final “é independente, não de pensamento em geral, mas de tudo o que é arbitrário e individual no pensamento; é completamente independente de como você, ou eu, ou qualquer número de pessoas pensam” (CP 1.57, c. 1896). A descrição de Peirce sobre o real segue de perto: “O real, então, é aquilo em que, mais cedo ou mais tarde, a informação e o raciocínio finalmente resultarão, e que, portanto, é independente das inconstâncias de mim e de você” (CP 1.57, c.1896). Esta concepção de realidade também envolve “a noção de uma *comunidade*, sem limites definidos, e capaz de um aumento [in]definido de conhecimento” (CP 5.312, 1868).

Peirce reconhece que suas várias formas de descrever o real e a realidade são inovadoras – “É verdade que a questão do realismo não foi

originalmente formulada desta forma”, mas sim, como “se os universais, como o Cavalos... estavam *in re* ou *in rerum natura*” (CP 4.I, 1898). Através dessas revisões pragmatistas que destacam o papel da experiência comum, bem como do raciocínio na investigação metafísica, Peirce adapta o realismo escolástico “à cultura moderna”, trazendo “para o destaque o tipo de universais aos quais a ciência moderna presta mais atenção”, a saber, leis e regularidades, que ele prefere chamar de “gerais”, ao mesmo tempo em que mantém suas alegações epistemológicas, cognitivas e ontológicas escotistas no fundo (CP 4.I, 1898). Logo no início, em sua resenha da edição de Fraser das obras de George Berkeley, ele ensaia a afirmação básica do conhecimento de Scotus: “a mesma natureza que na mente é universal e *in re* é singular; pois, se não fosse, ao conhecer algo de um universal não estaríamos conhecendo nada das coisas, mas apenas de nossos próprios pensamentos” (CP 8.18, 1871). E, como Scotus, ele acredita que “todas as nossas concepções são obtidas por abstrações e combinações de cognições que ocorrem pela primeira vez em juízos de experiência” (CP 5.255, 1868).

A sensação e o poder de abstração ou atenção podem ser considerados, em certo sentido, os únicos constituintes de todo pensamento. A atenção é despertada quando o mesmo fenômeno se apresenta repetidamente em diferentes ocasiões, ou o mesmo predicado em diferentes sujeitos. Vemos que A tem uma certa característica, que B tem a mesma, C tem a mesma; e isso desperta nossa atenção, de modo que dizemos: “Estes têm essa característica”. Assim, a atenção é um ato de indução. (CP 5.295, 1868)

“Conhecimento, ou informação, pode ser rastreado até cognições “que foram logicamente derivadas por indução e hipótese de cognições anteriores que são menos gerais, menos distintas”, até “um primeiro ideal, que é bastante singular e totalmente fora da consciência” (CP 5.311, 1868). Então Peirce faz uma afirmação um tanto chocante: “Esse primeiro ideal é a coisa particular-em-si. Ela não existe como tal” (CP 5.311, 1868). Ele não está negando a existência do mundo das coisas, no entanto – “as coisas... sem dúvida são, independentemente de [sua] relação” com a mente (CP 5.311, 1868).

O que ele quer dizer é que “não há coisa que seja em-si” no sentido de ser absolutamente incognoscível, pois “não pode haver concepção do absolutamente incognoscível, uma vez que nada desse tipo ocorre na experiência” (CP 5.311, 1868). Mas como “o significado de um termo é a concepção que ele transmite”, um termo assim “não pode ter tal significado”:

Se eu penso “branco” ... o que eu penso é da natureza de uma cognição, e assim de qualquer outra coisa que possa ser experimentada. Consequentemente, o conceito mais elevado que pode ser alcançado por abstrações de juízos de experiência – e, portanto, o conceito mais elevado que pode ser alcançado de qualquer forma – é o conceito de algo da natureza de uma cognição. (CP 5.257, 1868)

Isso, é claro, lembra as alegações de Scotus sobre *haecceitas*, que Peirce admite ser um “fato último” do qual, “em sua agressividade isolada e realidade individual ... não é razoável esperar uma explicação” (CP 1.405, c.1890). “O que Scotus chama de *haecceidades* das coisas, a aqui e agora delas, são de fato últimas... Por que ISTO, independentemente de seus caracteres gerais, vem a ter um lugar definido no mundo, não é uma questão a ser feita; é simplesmente um fato último... *Haecceidade* é a *última ratio*, o fato bruto que não será questionado” (CP 1.405, c.1890).

Peirce está ciente dos diferentes usos históricos dos termos “particular”, “individual” e “singular” bem como de seus significados (por vezes problemáticos) no contexto da lógica, matemática e geometria (ver, por exemplo: CP 3.611; CP 5.299; CP 5.540; CP 5.450; CP 3.65). Ele propõe a definição de que “um indivíduo é algo que reage ... tem uma natureza tal que poderia reagir, ou reagiu, contra minha vontade” (CP 3.613, 1901). Essa definição também reflete a noção de que fatos brutos ou últimos são ininteligíveis, pois “uma reação pode ser experimentada, mas não pode ser concebida em seu caráter de reação; pois esse elemento evapora de toda ideia geral” (CP 3.613, 1901).

No entanto, Peirce não está negando “a verdade de que tudo aquilo que existe é individual”, apenas que a existência em si é ininteligível (CP 3.613, 1901). No entanto, “todo fato de natureza geral ou ordenada”, ou seja, um geral ou universal, exige uma explicação; é assim que pensamos, e o “único propósito imediato do pensamento ... é tornar as coisas inteligíveis” (CP 1.405, c.1890). De fato, é “a esperança intelectual” implícita na ciência, ou em qualquer tipo de investigação, que dará uma explicação, talvez não de todas as coisas, mas “de qualquer coisa dada” (CP 1.405, c.1890). O que permite a Peirce rotular a explicação como conhecimento é a alegação de que existem “gerais reais”, em conjunto com as revisões pragmatistas das noções de verdade e realidade, sua teoria cognitiva e sua cosmologia.

Devo mencionar, de passagem, que enquanto Scotus também ancora as alegações de conhecimento na cognição intuitiva, Peirce argumenta: “Não é autoevidente que possuímos essa capacidade” (CP 5.246, 1868).

No entanto, ele incorpora a noção de presença imediata (usando a mesma terminologia “aqui e agora”) em suas categorias. Vejo também um paralelo entre a ancoragem do conteúdo intuitivo nos pensamentos de Deus, por parte de Scotus, fora do conhecedor individual, e a ênfase de Peirce na comunidade, e não no indivíduo, como base da verdade e da realidade; e a “luz natural” de Scotus com a “opinião para a qual a mente humana está ... tendendo” (CP 8.12, 1871). Novamente, isso mostra a rejeição de Peirce ao nominalismo, que ele associava ao foco excessivo no indivíduo e na existência material. Como Scotus, Peirce reconhecia que os gerais, como leis, relações e conceitos, bem como os indivíduos, são reais; ele também acrescentou a potencialidade às suas categorias.

Peirce considerava que as dez categorias de ser de Aristóteles poderiam ser reduzidas a três, que ele caracterizou de várias formas, dependendo do contexto. Primeiridade, “a natureza pura ou qualidade em si mesma sem partes ou características, e sem corporificação”, ele descreveu como potencialidade, possibilidade ou acaso (CP 1.303, c.1904). Secundidade, “o elemento de luta”, é definida como atualidade, reação ou existência (CP 1.322, c.1904). Terceiridade é “nada além do caráter de um objeto que incorpora mediação”, ou regularidade, generalidade, pensamento (CP 5.104, 1903). Novamente, podemos ver a influência de Scotus – seu conceito de “natureza comum em si” antes de ser contraída no indivíduo é refletido no conceito de primeiridade; a noção da diferença individual última ou *haecceitas* do particular existente é vista na secundidade; e a terceiridade é o universal, a natureza comum mediada ou abstraída.

Peirce reconhece que Scotus propõe que algo poderia ser real, mas não existente, como os universais. Peirce prefere o termo “gerais” e inclui as leis da natureza como terceiras: “será”; ele também afirma que as primeiras, ou “seriam” são reais: “Os ‘será’, os são atualmente, e os têm sido não são a soma dos reais. Eles apenas cobrem a atualidade. Existem além disso os seriam e poderiam ser que são reais” (CP 8.216, c.1910).

No entanto, Peirce não compartilha a explicação de Scotus sobre o que torna os universais reais, o que, segundo Scotus, se deve à conexão com o singular existente. Ele pensa que isso é um erro: “Até mesmo Duns Scotus é nominalista demais quando diz que os universais são contraídos ao modo da individualidade nos singulares [...] O pragmatista não pode admitir isso” (CP 8.208, c.1905). Admitir isso é reduzir a terceiridade à secundidade, a racionalidade à existência.

## Peirce e o universo quântico

Peirce acreditava que “três elementos estão ativos no mundo: primeiro, o acaso; segundo, a lei; e terceiro, aquisição de hábito”, rotulados como tichismo, sinequismo e agapismo, a base de sua teoria cosmológica (CP 1.409, c.1890). A alegação do tichismo é que há um “elemento de puro acaso” objetivo e real que permanece no mundo desde seu surgimento a partir de um caos inicial. O tichismo é a alternativa de Peirce à imagem determinista, mecânica (e equivocada, ele argumenta) de um universo “perfeitamente mecânico” prevalente entre os cientistas de sua época. Estudiosos de Peirce notaram a semelhança entre o tichismo e a indeterminação quântica; Peirce provavelmente desenvolveu essa doutrina como resultado de acompanhar os últimos desenvolvimentos da pesquisa molecular e atômica (Reynolds, 2002, p. 137).

Desde 1860 [...] a física ganhou uma teoria óptico-elétrica, e novas concepções radicais das forças moleculares foram estabelecidas; a química orgânica [...] foi enriquecida pela doutrina do átomo de carbono assimétrico; em sua divisão inorgânica [...] o grupo de elementos hélio-argônio foi acrescentado, e Mme. Curie pronunciou seu mágico ‘Abre-te, sésamo!’. (CP 8.196, 1905)

Sinequismo, “a tendência de considerar tudo como contínuo” (CP 7.565, c.1892), é na verdade uma espécie de generalidade (lei) – “a continuidade não é senão a generalidade perfeita de uma lei de relacionamento” (CP 6.172, 1901). Peirce reconheceu que, como humanos, somos cognitivamente tendenciosos, ou preconceituosos – “exageramos enormemente o papel que a lei desempenha no universo”, já que é “por meio das regularidades que compreendemos o pouco que entendemos do mundo”, em termos medievais, abstração, “e assim há uma espécie de perspectiva mental que traz os fenômenos regulares para o primeiro plano” (CP 1.406, c.1890).

Concluimos então, erroneamente, “que todo evento é determinado por causas de acordo com a lei [...], que os eventos do universo físico são meramente movimentos da matéria, e que esses obedecem às leis da dinâmica” (CP 1.406, c.1890). Mas isso não deve ser considerado “como absolutamente verdadeiro”; apenas “equivale a dizer que, entre os inúmeros sistemas de relações existentes entre as coisas, encontramos um que é universal e ao mesmo tempo está sujeito à lei [...], mas não prestamos atenção às relações irregulares, pois não têm interesse para nós” (CP 1.406, c.1890). Isso não significa, no entanto, que essas relações não existam, apenas que não estamos necessariamente sintonizados com elas.

Uma “regularidade” ou “relação regular” na qual focamos é a existência – “existência, ou materialidade, consiste em regularidades” (CP 6.265, 1891). Peirce elabora:

A existência das coisas consiste em seu comportamento regular. Se um átomo não tivesse atrações e repulsões regulares, se sua massa fosse em um instante nada, em outro uma tonelada, em outro uma quantidade negativa, se seu movimento em vez de ser contínuo consistisse em uma série de saltos de um lugar para outro sem passar por nenhum lugar intermediário, e se não houvesse relações definidas entre suas diferentes posições, velocidades e direções de deslocamento, se estivesse em um momento em um lugar e em outro momento em uma dúzia, tal pluralidade desconexa de fenômenos não constituiria nenhuma coisa existente. Não apenas substâncias, mas eventos também são constituídos por regularidades. O fluxo do tempo, por exemplo, em si é uma regularidade. (CP 1.411, c.1890)

Recorde a alegação da teoria quântica de que as propriedades existem quando há certas interações consistentes (sujeitas a um elemento real, mas raro de acaso) e o fato de que essas interações ocorrem é o que, como Rovelli (2021, p. 100) afirma, “fundamenta a objetividade de nossa visão comunitária do mundo”.

Agapismo, “a doutrina do amor evolutivo”, é o “palpite” de Peirce ao descrever como a lei, ou regularidade, surgiu; “já que a lei em geral não pode ser explicada por qualquer lei em particular, a explicação deve consistir em mostrar como a lei se desenvolve a partir do puro acaso, irregularidade e indeterminação” (CP 1.407, c.1890). O processo é de uma crescente tomada de hábito, que começou em algum ponto do passado infinitamente distante, quando possibilidades indeterminadas começaram a desenvolver afinidades, tornando-se hábitos após muitas repetições e, eventualmente, leis, que “reinarão” completamente em um futuro infinitamente distante (CP 1.409, c.1890).

Em outro lugar, em uma resenha de *The Religious Aspect of Philosophy* de Josiah Royce, Peirce especula sobre conceber a existência e a onisciência de Deus e sugere que consiste em “uma tendência para fins [que] é um constituinte tão necessário do universo que a mera ação do acaso sobre inúmeros átomos tem um resultado teleológico inevitável. Um dos fins assim alcançados é o desenvolvimento da inteligência e do conhecimento; e, portanto, eu diria que a onisciência de Deus, concebida humanamente, consiste no fato de que o conhecimento em seu desenvolvimento não deixa nenhuma questão sem resposta” (CP 8.44, c.1885). Isso lembra a afirmação de Scotus de que a cognição eterna de Deus de todas as coisas finitas possíveis fundamenta a intuição e o conhecimento humanos, com

um toque adicional de pragmatismo peirceano. Vejo também uma conexão distante (trocadilho intencional) entre a hipótese de Peirce de como a regularidade se desenvolveu e o emaranhamento quântico.

A proposição de que só podemos perceber imediatamente o que está presente parece-me paralela a outro preconceito vulgar de que “uma coisa não pode agir onde não está”.

Uma opinião, que só pode se defender por meio de uma frase de efeito como essa, provavelmente está errada. Que uma coisa não pode agir onde não está é claramente uma indução da experiência comum, que não mostra forças exceto aquelas que agem através da resistência dos materiais, com exceção da gravidade, que, devido a ser a mesma para todos os corpos, não aparece na experiência comum como uma força. [...] Pode-se dizer que uma coisa está onde quer que atue; mas a noção de que uma partícula está absolutamente presente em uma parte do espaço e absolutamente ausente do resto do espaço é desprovida de qualquer fundamento. (CP 1.38, c.1890)

A existência das coisas consiste em seu comportamento regular. Se um átomo não tivesse atrações e repulsões regulares, se sua massa em um momento fosse nada, em outro uma tonelada, em outro uma quantidade negativa, se seu movimento, em vez de ser contínuo, consistisse em uma série de saltos de um lugar para outro sem passar pelos lugares intermediários, e se não houvesse relações definidas entre suas diferentes posições, velocidades e direções de deslocamento, se estivesse em um momento em um lugar e em outro momento em uma dúzia, tal pluralidade desconexa de fenômenos não constituiria uma coisa existente. Não apenas substâncias, mas eventos também são constituídos por regularidades. O fluxo do tempo, por exemplo, é em si uma regularidade. O caos original, portanto, onde não havia regularidade, era, de fato, um estado de mera indeterminação, no qual nada existia ou realmente acontecia. (CP 1.411, 1890)

## Conclusão

Peirce reconheceu a importância de restaurar a antiga disciplina da metafísica à sua posição original como uma ciência, definida como “um corpo vivo e crescente de verdade”, elevando-a da categoria de especulação filosófica para a de uma hipótese científica, utilizando a percepção comum e o raciocínio abduutivo, indutivo e dedutivo para examinar os fenômenos observáveis do dia a dia (CP 6.428, 1893). No entanto, não há garantia de que todas as questões serão respondidas, pois temos uma série de preconceitos metafísicos, inerentes ou adquiridos, que limitaram, em certa medida, nossa compreensão do mundo. Nossos ancestrais evoluíram como caçadores competindo com outros pela sobrevivência em

um ambiente hostil, neste nosso mundo de macro-objetos individuais. Claro, “macro” e “micro” são termos relativos; nosso mundo macro de objetos singulares está em uma escala diferente do macro universo que o Telescópio Espacial James Webb está atualmente explorando.

Comportamentos cognitivos que resultaram em interações bem-sucedidas e aumentaram a sobrevivência, como ordenar nossa experiência no espaço e no tempo, prestar atenção às regularidades, a capacidade de generalizar e prever efetivamente etc., prevaleceram. Até muito recentemente na história humana, não tivemos interações diretas com o mundo microscópico, e nossos arcaibouços cognitivos estabelecidos e construções teóricas não se transferiram bem em nossas tentativas de compreender o mundo subatômico descrito pela física quântica. É aqui que metafísica e física podem, mais uma vez, ser reconciliadas.

A metafísica científica de Peirce, inspirada no realismo de Scotus, produziu uma “colheita extraordinária [...] de uma verdade muito fundamental de valor excepcional” (CP 1.128, c.1905). Esforcei-me para mostrar que as reflexões metafísicas dos físicos teóricos quânticos sobre existência individual, o elemento do acaso e o papel das relações são paralelas às de Peirce e Scotus. Scotus nega o acesso epistemológico direto (nesta vida) à *haecceitas*, o indivíduo em si, que conhecemos apenas mediada, por meio dos universais, ou conceitos, que são reais. Peirce afirma que a existência em si é ininteligível.

Não observamos a superposição quântica, apenas a interferência quântica, seu efeito; experimentamos como indivíduo um conjunto de interações correlacionadas, afirmam os teóricos quânticos. Peirce declara o sinequismo, o elemento do acaso, uma força ativa no universo, como uma fonte de indeterminismo. Os teóricos quânticos postulam variáveis indeterminadas e o mundo como probabilístico. Scotus afirma que os universais, ou conceitos, são reais, mas não existem como tais. A categoria de terceiridade de Peirce reconhece a realidade e a importância das leis e relações. Os teóricos quânticos afirmam que o mundo é uma teia de inter-relações. Scotus fundamenta a validade da intuição humana no pensamento eterno de um Deus benevolente. Peirce propõe o agapismo, o amor evolutivo, como a mola mestra da regularidade. Os teóricos quânticos sugerem o emaranhamento como a fonte de interações correlacionadas.

Era a convicção de Peirce que, para elevar sua “adivinhação sobre o enigma” do universo da “categoria de especulação filosófica para a de uma hipótese científica”, era necessário “mostrar que consequências podem

ser deduzidas dele com mais ou menos probabilidade, que podem ser comparadas com a observação” (CP 1.410, c.1890). Peirce não viveu para ver o advento da revolução quântica, mas algumas de suas especulações filosóficas refletem as hipóteses científicas que foram comparadas com a observação no contexto da teoria quântica. Acho que Peirce teria se orgulhado no sentido de “autovalorização justificada”, evidentemente. Desejo agradecer a Cornelis de Waal por seus comentários úteis, bem como por sua habilidade e paciência ao organizar o volume de que este artigo é proveniente (De Waal, Cornelis de, ed. *Oxford Handbook of Charles Sanders Peirce*. Oxford: Oxford University Press, 2024).<sup>1</sup>

(Tradução: ChatGPT sob comando de Fabiana Raulino.  
Revisão científica e técnica: Lucia Santaella)

## Referências

- BOERSEMA, David. Metaphysics. In: *American philosophy: An encyclopedia*. LACHS, John; TALISSE Robert (eds.). New York, NY: Routledge, 2008.
- BOLER, John F. *Charles Sanders Peirce and scholastic realism*. Seattle, WA: Washington University Press, 1963.
- CAPRA, Fritjof. *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. New York, NY: Anchor Books, 1996.
- CHWE, Michael Suk-Young. Scientific pride and prejudice. *New York Times*, January 31, 2014. <https://www.nytimes.com/2014/02/02/opinion/sun-day/scientific-pride-and-prejudice.html>
- CROSS, Richard. Duns Scotus: Some recent research. *Journal of the History of Philosophy*, Baltimore, MD, v. 49, n. 3 (July), p. 271–295, 2011.
- DE WAAL, Cornelis de (ed.). *Oxford handbook of Charles Sanders Peirce*. Oxford: Oxford University Press, 2024.
- DUNS SCOTUS, John. Ordinatio. In *Opera omnia*, Charles Balic (ed.), v. 1-14. Vatican City: Vatican Polyglot Press, 1950-2-13.
- DUNS SCOTUS, John. *Questions on the metaphysics of Aristotle*. Translation: Girard J. Etzkorn; Allan Wolter, O.F.M. St. Bonaventure, NY: Franciscan Institute, 1997.

---

<sup>1</sup> Desejo agradecer a Cornelis de Waal por seus comentários úteis, bem como por sua habilidade e paciência ao organizar o volume de que este artigo é proveniente (Waal, 2024).

FERNANDEZ, Eliseo. Peirce in 21st century science and philosophy: New prospects, 2008. Disponível em: <https://arisbe.sitehost.iu.edu/menu/library/aboutcsp/fernandez/efpa-pers.htm>.

HAACK, Susan. Extreme scholastic realism: Its relevance to philosophy of science today. *Transactions of the Charles Sanders Peirce Society*, Indianapolis, v. 28, n.1 (Winter), p. 19-50, 1992.

HAACK, Susan. The differences that make a difference: William James on the importance of individuals. *European Journal of Pragmatism and American Philosophy*, Paris, v. 2, n.1, p. 1-10, 2010.

HAACK, Susan. The world and how we know it: Stumbling toward an understanding. *Journal of Critical Realism*, London, v. 19, n.1, p. 78-88.

HAACK, Susan. Scientistic philosophy, no; Scientific philosophy, yes. *The Quarterly Journal of Philosophical Investigations*, Tabriz, v. 15, n. 36 (autumn 2021), p. 4- 35, 2021.

HARTSHORNE, Charles. Charles Sanders Peirce and quantum mechanics. *Transactions of the Charles Sanders Peirce Society*, Indianapolis, v. 9, n. 4, 1973, p. 191-201.

INGHAM, Mary Beth; DREYER, Mechthild. *The philosophical theology of John Duns Scotus*. Washington, DC: Catholic University Press, 2004.

KRAAIJEVELD, Steven R. Jane Austen and cognitive bias, May 19, 2019. <https://stevenkraaijeveld.com/blog/jane-austen-and-cognitive-bias>, 2019.

LABATUT, Benjamin. *When we cease to understand the world*. Translation: Adrian Nathan West. New York, NY: New York Review Books, 2020.

LANE, Robert. *Peirce on realism and idealism*. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

LAZELLA, Andrew. *The singular voice of being: John Duns Scotus and ultimate difference*. New York, NY: Fordham University Press, 2019.

MAYORGA, Rosa Maria Perez-Teran. *From realism to realicism: The metaphysics of Charles Sanders Peirce*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 2007.

MAYORGA, Rosa Maria. Metaphysics, religion, and death, or we'll always have Paris. *Cosmos + Taxis: Studies in Emergent Order and Organization*, Okanagan, v. 8, n. 4-5, p. 49-59, 2020.

MAYORGA, Rosa Maria. Peirce's moral realism. In: DE WAAL, Cornelis de; SKOWRONSKI, Krzysztof Piotr (eds.). *The normative thought of Charles Sanders Peirce*, p. 101-124. New York, NY: Fordham University Press, 2008a.

MAYORGA, Rosa Maria. Realism: scholastic. In LACHS, John; TALISSE, Robert (eds.). *American philosophy: An encyclopedia*, p. 651-652. New York, NY: Routledge, 2008b.

PEIRCE, Charles Sanders. 1931-1958. *The collected papers of Charles Sanders Peirce*, 8 vols., Hartshorne, Charles; Weiss, Paul (eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press, 1931-1958. (Referido como CP.)

PEIRCE, Charles Sanders. *The essential Peirce: Selected philosophical writings*. Houser, Nathan; Kloesel, Christian; Peirce Edition Project (eds.), 2 vols. Bloomington, IN: Indiana University Press, 1992; 1998. Referido como EP, seguindo do número do vol.

[dx.doi.org/](https://dx.doi.org/10.23925/1984-3585.2024i2930p295-337)

10.23925/1984-3585.2024i2930p295-337

Licensed under  
[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Introdução à teoria gerativa, parte 2:

# Replicabilidade, mutação e dados no horizonte do Capital

Rodrigo Petronio<sup>1</sup>

**Resumo:** Este artigo propõe desenvolver uma matriz do conhecimento que tenho definido como matriz gerativa. Apresento aqui de modo sucinto alguns conceitos nucleares do gerativismo, tais como Vazio e zero, transverso e transfinito, atualizações e virtualizações, universos e esferas, replicabilidade e mutação, dados e Capital, excesso e acumulação, criogenia, mutados e mutantes. O gerativismo pode ser compreendido também como o *modus operandi* de uma nova ciência chamada genologia. E se articula a outras três campos que criei e tenho desenvolvido em publicações distintas: a mesologia, a topologia e a translogia. Elas abordam respectivamente as ciências do *genos*, do *meson*, do *topos* e do *trans*. Trata-se de quatro matrizes transdisciplinares cujo objetivo é criar conceitos e categoriais, operadores e modelos que não se limitam a descrever, compreender ou representar o mundo. Devem produzir novas matrizes criadoras de mundos.

**Palavras-chave:** vazio; replicabilidade; mutação; Capital; excesso; acumulação; criogenia.

---

<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|PUC-SP), onde atualmente é pesquisador. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4473-2193>. Site: [www.rodriropetronio.com](http://www.rodriropetronio.com). E-mail: [rodriropetronio@gmail.com](mailto:rodriropetronio@gmail.com).

## **Introduction to generative theory, part 2: Replicability, mutation and data on the horizon of Capital**

**Abstract:** This article proposes to develop a matrix of the knowledge that I have defined as a generative matrix. I present here in a succinct manner some core concepts of generative theory, such as Void and zero, transverse and transfinite, actualizations and virtualizations, universes and spheres, replicability and mutation, data and Capital, excess and accumulation, cryogenics, mutated and mutants. Generativism can also be understood as the modus operandi of a new science called genology. And its linked to three other fields that I created and have developed in different publications: mesology, topology and translogy. They address respectively the sciences of genos, meson, topos and trans. These are four transdisciplinary matrices whose objective is to create concepts and categories, operators and models that are not limited to describing, understanding or representing the world. They must produce new matrices that create worlds.

**Keywords:** Void; replicability; mutation; Capital; excess; accumulation; cryogenics.

## Genos, Meson, Topos, Trans

Este artigo se dedica a apresentar uma nova teoria: a teoria gerativa. A teoria gerativa compõe uma triangulação com outros três matrizes que tenho desenvolvido: a topologia, a mesologia e a translogia. O projeto Genos aborda a geração e a replicação dos seres e dos dados. E pode ser chamado de genologia: uma ciência de todas as procedências recursivas e gerativas em escala infinita. O projeto Meson descreve uma cosmologia relacional a partir do conceito de meio (*meson*; Petronio, 2015). E o projeto Topos propõe a construção de uma teoria universal e transversal dos lugares (*topos*). Mais especificamente, uma topologia virtual, baseada na inversão das propriedades lógicas entre atualizações e virtualizações (Petronio, 2025). O projeto Trans pensa a transversalidade como categoria fundamental de todos os existentes e existências. As relações entre todos os sistemas, meios, mundos e conjuntos que constituem o cosmos seriam transversais. Não existe nada fora da transversalidade.

Cada uma dessas matrizes possui suas especificidades e se sustenta como sistema formal autônomo. Ao mesmo tempo, elas foram pensadas para estabelecerem convergências e composições, combinações e recombinações, repetições e montagens, sobreposições e disseminações, dos conceitos e das categorias, dos operadores e dos signos, como um gerador de realidades ou um jogo de ifá. E por isso eu as chamo de matrizes, não apenas de teorias. Tenho desenvolvido a teoria gerativa em consonância com o campo crescente das teorias e das ciências da complexidade. E em conexão com as chamadas abordagens emergentistas (Johnson, 2003; Deutsch, 1997). Este artigo pretende se ater à fundamentação do gerativismo, mas alguns conceitos da topologia e da mesologia são mobilizadores pela malha conceitual. Isso significa que as três matrizes-teorias possuem uma profunda solidariedade entre si. E se apoiam mais em demarcações pragmáticas e formais do que em cisões excludentes, o que não faria sentido tendo em vista o horizonte de problemas e propostas para o qual as três apontam.

## Gerativismo

A ciência clássica vai de Aristóteles a Descartes e Newton. A ciência moderna vai destes três a Einstein. E as ciências da complexidade vão de Einstein aos dias de hoje (Prigogine; Stengers, 1991). A complexidade designa nesse sentido as vertentes das ciências, da filosofia e dos saberes contemporâneos que se guiam pela tentativa de superação das antinomias

e limites das epistemologias e ontologias clássicas e modernas, que enumeramos na primeira parte deste artigo (Petronio, 2023). A complexidade não pode ser definida como um novo paradigma, pois praticamente toda ciência normal que norteia a atividade científica atual permanece fincada em bases modernas (Kuhn, 2003). Tampouco a complexidade pode ser entendida como pós-moderna (Lyotard, 1986). Por mais que seja pertinente em alguns quadro teóricos, nunca utilizo o termo pós-moderno e desconfio de sua validade no quadro teórico que ofereço aqui. E seria temeroso identificar complexidade e pós-modernidade. A complexidade seria mais um horizonte e uma necessidade das ciências contemporâneas, presente sempre que estes procuram superar os impasses das ciências clássicas e modernas, humanas e naturais. O caminho em direção a esse horizonte exige a criação de um vetor (Petronio, 2025). E, para compreender essa vetorização, o conceito de latência pode ser mais funcional do que o conceito de paradigma (Gumbrecht, 2014). A teoria gerativa nesse sentido representa um vetor de unificação de todas as abordagens complexas e emergentistas em direção a uma nova ciência. Essa nova ciência pode ser definida como ciência gerativa. O trabalho de construção do campo gerativista foi iniciado em um artigo anterior da revista TECCOGS (Petronio, 2023) e encontra conexão profunda com meu livro que se encontra no prelo (Petronio, 2025). E agora damos mais alguns passos nessa construção.

A fundamentação de uma teoria gerativa pode ser compreendida a partir dez pontos:

1. A distinção entre orgânico e inorgânico, entre vida e não vida, em breve deve ser superada por meio da demonstração da replicabilidade de todos os seres da natureza e do universo.
2. A replicação deve passar então a ser compreendida em suas relações coextensivas com dois conceitos: mutação e dados.
3. À medida que todos os seres copiam a si mesmos, instauram-se novos graus de permeabilidade entre as atualizações e as virtualizações do universo.
4. Essa alteração das relações atuais-virtuais deve conferir um novo estatuto ao real e ao virtual (Petronio, 2024, 2025; Chalmers, 2022). Estatuto este que vem sendo alterado desde o século XVIII por diversas linhas da filosofia, sobretudo as monadologias (Bensusan, 2018; Whitehead, 1985; Tarde, 2007; Peirce, 1972, 2000; Leibniz, 1988, 2002; James, 2022; Lazzarato, 2006, 2012; Deleuze, 1991; Souriau, 2009; Lapoujade, 2017). A exponencialização

- de existências virtuais em relação a existentes atuais gera uma cosmologia cuja propriedade fundamental seria a contingência pura, chamada aqui de caos ou de oceano (Petronio, 2024, 2025).
5. A virtualização do universo e da vida a partir do oceano reintroduz o problema dos infinitos atuais: os transfinitos de Cantor (Belna, 2011). Os transfinitos demandam uma cosmologia baseada na excentricidade de universos, uns em relação a outros. A unidade operacional mais ampla dessa cosmologia excêntrica se baseia em uma distribuição de universos e de esferas em um transversal (Petronio, 2025).
  6. Todo esse sistema gerativo se funda em um operador nuclear: o Vazio.
  7. A replicabilidade e as mutações emergem de um dos princípios mais universais que existem: o excesso (Bataille, 1975, 1974, 1993, 2004). A natureza é apenas outro nome para o excesso, diria William James (Latour, 2020b). As potências excessivas produzem excedentes e os excedentes são o oposto da acumulação. A replicabilidade redundante em expropriação, violência e mais-valia. Isso não decorre necessariamente de sua natureza replicante, mas dos dispositivos de acumulação e de controle dos excedentes, produzidos pelas caixas pretas, em realidades cada vez mais roteirizadas e programadas (Flusser 2018, 2019). Chamo esses dispositivos de controle de dispositivos criogênicos. A ascensão desses dispositivos e modelos criogênicos tem um nome: Capital. Ela ocorreu ao longo de milhões de anos da hominização e não se reduz ao *sapiens*.
  8. O apagamento das fronteiras entre a vida e os dados, entre o orgânico e o inorgânico, entre o universo e a computação, demonstra o teor subversivo da replicabilidade: sua potência de conduzir a uma mutação.
  9. A sobrevivência do *sapiens* no Antropoceno (Petronio, 2022) diante da iminência das catástrofes (Dupuy, 2002, 2005, 2006; Stengers, 2015) depende de uma apropriação dos mecanismos replicadores pelas forças excessivas. E depende da desativação dos meios de acumulação do Capital.

10. As relações emergentes estabelecidas entre todas essas instâncias, virtuais e atuais, universais e transversais, replicantes e naturais, artificiais e humanas, orgânicas e inorgânicas, datificadas e processuais, computacionais e quânticas chancela o gerativismo como um sistema ao mesmo tempo universal e transversal. Para compreender esses passos, devemos recuar um pouco e compreender melhor duas categorias gerativas seminais: os universos e as esferas.

## Universos e Esferas

Estamos vivenciando um evento decisivo da humanidade, da vida e do universo. Esse evento possui duas matrizes. A primeira é a artificialização paulatina do universo, da vida e dos humanos (Santaella, 2022). A segunda é uma alteração profunda dos processos de replicabilidade de todos os seres, orgânicos e inorgânicos, por meio da biotecnologia e da revolução da informação (Harari, 2016; Metzl, 2020; Piazza, 2021; Santaella, 2003; Fukuyama, 2003; Haraway, 2009; Martins, 2018). Ao longo de bilhões de anos, o universo gerou as condições emergentes de tudo que existe no oceano infinito de galáxias, estrelas, planetas e sistemas, em suas dimensões quânticas e cósmicas. O universo aqui pode ser definido como o conjunto de atualizações que conseguimos mensurar e acessar. Não esgotam nem de modo infinitesimal as propriedades emergentes do Vazio. Devido a essa assimetria radical entre atualidades e virtualidades, entre existentes e existências, as atualizações do nosso universo logicamente devem gerar universos virtuais. Quando isso ocorre, temos os multiversos. Os multiversos podem ser pensados a partir dos colapsos quânticos (Wallace, 2012; Deutsch, 1997, 2002, 2005, 2011). Podem ser pensados a partir das cordas e da multiplicação de dimensões, chegando às onze dimensões da Teoria M (Kaku, 2000, 2009; Greene, 2001, 2005, 2012; Witten, 2012). Contudo, os multiversos ainda não apresentam um aspecto fundamental da teoria gerativa: a excentricidade.

Quando postulamos muitos mundos a partir do nosso universo atual, não podemos apenas virtualizar esses universos a partir das atualizações de nosso universo. Devemos virtualizar infinitamente nosso universo em função das atualizações e das virtualizações de outros n-universos que permanecem virtuais para nosso universo. Esses outros universos podem ser atualizações que não ocorreram em nosso universo. E podem ser virtualizações do nosso universo e de outros universos que nunca se atualiza-

ram e podem jamais ser atualizadas em nenhum universo. Nesse sentido, nunca podemos postular uma positividade de um universo atual em função dos universos virtuais que lhe são coextensos. Toda virtualização de um universo implica uma virtualização exponencial de universos infinitos, atuais e virtuais. Essa operação é difícil, pois sempre partimos das condições atuais de nosso universo para pensar essas infinitas possibilidades de constituição desses n-universos. Por isso a importância da excentricidade. A função da excentricidade é relativizar todas as leis e propriedades fundamentais de tudo que existe em nosso universo, conduzindo-as a um ponto cego de sua consistência. Essa operação nos possibilita imaginar leis e propriedades fundamentais radicalmente diferentes e, por conseguinte, processos temporais, causais, espasmos e universais radicalmente diferentes. Começa aqui a passagem do multiverso para um novo modelo da cosmologia: o pluriverso. O pluriverso é inspirado em William James, mas não se atém a isso ele. Consiste na extrapolação indefinida das potências falso e dos simulacros: não mais a cópia de seres empíricos, mas a cópia da cópia (Deleuze, 1969, 1985, 1990). A cesura entre multiverso e pluriverso pode ser identificada nessa cascata de simulacros que não encontra estabilidade, nem na empiria nem em uma razão transcendental.

Em termos gerativos, uma quarta camada ainda mais profunda emerge dessas matrizes do universo, do multiverso e do pluriverso: o transverso (Petronio, 2024, 2025). O transverso é a malha de universos, multiversos e pluriversos conectados e excêntricos uns em relação aos outros, regidos por leis radicalmente diferentes e que se diferenciam cada vez mais nas ordens do tempo, da causalidade e do espaço. Emergem, entretanto, das regiões intersticiais desses universos. E por isso se referem ao amplo campo de outra teoria que temos desenvolvido: a teoria trans (Petronio, 2025). Nesses termos, o que seria o cosmos? O cosmos seria a região emergente de todos esses universos em relação. A teoria gerativa é o estudo dessas infinitas atualizações-virtualizações do universo, do multiverso, do pluriverso e do transverso passados, presentes e futuros. Esse estudo pressupõe uma variabilidade finita, mas ilimitada de leis. Essa variabilidade de leis decorre das variações espaciais, causais e temporais do cosmo. Assim, apenas uma física extragaláctica, baseada em leis cósmicas e não em leis terrestres (Novello, 2021, 2022, 2023), fornece-nos o acesso ao transverso. A cosmologia gerativa necessariamente é uma metacosmologia (Novello, 2021, 2023). Chamarei essas quatro matrizes simplesmente de universos, no plural. A relação estabelecida entre universos, multiversos, pluriversos e transversos é uma relação emergente. E, para

facilitar a compreensão dessa categoria da emergência, imaginemos que esses universos sejam bonecas-russas, umas dentro das outras. A alteração fundamental é que as maiores podem estar dentro das menores. E as menores podem ser maiores do que as maiores. Em outros termos: os universos estabelecem uma relação que eu chamo de hologrâmica (Petronio, 2025; Morin, 2015). Dentre as topologias da matemática, a fibração de Hopf, a garrafa de Klein e a fita de Möbius podem nos ajudar a visualizar as relações hologrâmicas de equivocidade e coimplicação desses universos e das esferas entre si, como vamos ver. Podemos doravante utilizar os termos holograma e emergência como termos similares.

Em conexão com essa teoria dos universos, o gerativismo postula as esferas. O que seriam as esferas? A Terra viveu processos de auto-organização regidos pelo acaso e pela necessidade (Monod, 1971). Esses processos físicos, químicos e biológicos se estruturaram em campos tectônicos, em unidades moleculares e em padrões complexos. E ao longo dos bilhões de anos o nosso universo gerou as sete esferas dos existentes: a cosmosfera, a geosfera, a biosfera, a antroposfera, a tecnosfera, a semiosfera e a noosfera. E há uma oitava esfera transicional e transversal que pode ser chamada de toposfera ou de mesosfera (Petronio, 2022): os lugares e os meios transfinitos que permeiam todas as esferas. A cosmosfera é a esfera omnicompreensiva do cosmo, referente a tudo que existe. A geosfera é a esfera fisioquímica, os elementos químicos e a gravitação, a massa e as propriedades físicas produzidas pelas estrelas e nebulosas, e que originou a Terra, entendida como planeta e corpo astronômico. A biosfera é a esfera da vida, entendida tanto em termos terrestres quanto em termos virtuais, incluindo todas as novas fronteiras da descoberta e das definições de vida no universo, levadas a cabo pela exobiologia (Sagan, 1998, 2017), pela astrobiologia (Galante *et al*, 2019), pela xenologia (Askenazi, 2017) e pela teoria SETI (*Searching for Extraterrestrial Intelligence*; Shuch, 2011). A biosfera contempla nesse sentido o estudo da composição, da estrutura e dos elementos da vida em outros sistemas e galáxias, bem como o espectro de variação de todas as acepções e conceituações do que definimos como vida.

A antroposfera por sua vez seria a esfera dos humanos, entendendo-se o conjunto das antropofanias (Petronio, 2015) que emergem dos milhões de anos da hominização, e não apenas a partir das narrativas restritas do humano *sapiens* ou dos discursos humanistas. Essa abordagem tem em vista o maior espectro de realização dos humanos, no passado e no futuro, sem tomar o *sapiens* como paradigma de compreensão da

diversidade e da diversificação de humanos que existiram, existem e possam vir a existir, na Terra e no cosmos. A tecnosfera é a esfera da técnica. Essa esfera designa todos os meios que alteram meios que por sua vez alteram outros meios (Sloterdijk, 2004). Podemos definir a técnica como todo meio-mediador que altera meios-mundos que por sua vez geram novos meios-mediadores e novos meios-mundos que podem alterar e ser alterados, em um movimento de *autopoiesis* e recursividade (Morin, 2015; Luhmann, 2009; Petronio, 2021). A semiosfera é a esfera dos signos. Seguindo Peirce, entendo por signo toda unidade dinâmica do universo que contenha e transmita, formalize e processe, codifique e decodifique informação (Santaella, 1995, 1992, 2004, 2011; Peirce, 2024; Rovelli, 2021). O cosmos é um processo aberto de signos: uma semiose infinita. E, por isso, as suas propriedades fundamentais são materiais e informacionais, físicas e metafísicas, simultaneamente. Qualquer decisão sobre esses termos indecíveis (Derrida, 1995) nos reconduz ao dualismo e a seus paralogismos. E a sétima esfera: a mente. Devemos conceber as relações natureza-mente a partir de um modelo baseado na biunivocidade (Bateson, 2000; Deleuze, 1969; Deleuze; Guattari, 1976, 1997). Isso significa: relações que ocorrem (e apenas ocorrem) de modo idêntico de um para outro e de outro para um. *A priori*, as relações biunívocas não pressupõem nem hierarquia, nem anarquia. Simplesmente porque não pressupõem nenhuma *arkhē*. As relações biunívocas estruturam toda extensão transversal do transverso. E emergem de modo contingente do cosmos. Nesse sentido, o *agon* entre as potências se estabelece mais nos termos das relações em si mesmas, não a partir de uma determinação substancial de propriedades anteriores às relações (Petronio, 2015, 2025). Nesse sentido, a biunivocidade que permeia a noosfera não permite uma fusão completa entre natureza e mente. E tampouco permite uma disjunção completa entre mente e natureza. O importante é lembrar que, se a mente emergiu em algum ponto do universo, isso significa que ela se encontra distribuída em todo universo, como a descreveu William James (Godfrey-Smith, 2019). E, por fim, a toposfera ou mesosfera se referem a todos os lugares e meios n-dimensões do cosmos e do transverso. Assimilo-as aqui a uma mesma oitava esfera apenas para enfatizar a triangulação entre o gerativismo, a mesologia e a topologia. E as descrições diferenciais inscritas nos estojos de lentes de cada uma dessas três matrizes. O conjunto gerativo dessas esferas configura a cosmografia. Os cosmogramas são cada um dos elementos constitutivos e dinâmicos de cada uma das esferas, bem como as *assemblages* e simbioses desses elementos, suas interseções e

composições. Essas esferas não são lineares, não possuem uma teleologia ou uma cronologia. Tampouco pressupõem uma hierarquia. Assim como os universos, todas essas esferas existem na eternidade, são transversais umas às outras e se estruturam apenas mediante os regimes discricionais empregados para traduzir virtualidades em atualidades. E aqui devemos fazer uma ressalva essencial relacionada a duas matrizes da filosofia e da ciência: o necessitarismo e o ocasionalismo.

### **Necessitarismo e ocasionalismo**

Quando dizemos que todas as esferas existem desde sempre, não pretendemos sugerir, de maneira nenhuma, que, nas metaorigens do universo em que nos encontramos, haveria uma necessidade da Terra, da vida, dos humanos e de todos os demais elementos que o constituem terem vindo a existir conforme existem. Algumas variações dessa posição se encontram com suas devidas especificidades nos defensores do princípio antrópico (Deutsch, 1997; Barrow; Tipler, 1988). Guardadas as nuances, o princípio antrópico pode gerar uma forma de necessitarismo. E este, por sua vez, reconduz-nos ao determinismo da ciência moderna e antiga, tirando-nos do paradigma hologrâmico do gerativismo. E, em termos mais drásticos, o necessitarismo pode nos reconduzir também a uma forma camuflada de criacionismo. Uma das poucas formas de evitar o criacionismo nesse caso seria construir uma nova concepção ocasionalista. O ocasionalismo se formula de modo mais pleno na tradição islâmica, mais especificamente na Escola de Ba rah (Harman, 2023). E encontra ressonâncias em Malebranche e, de modo mais mitigado, em Leibniz (Maslin, 2009).

O que propõe o ocasionalismo? Dadas as dificuldades de conciliar o puro acaso e a pura necessidade, a relação entre ambos os termos deveria ocorrer por meio de um terceiro: as ocasiões. O ocasionalismo muitas vezes pressupõe a teologia. Ou seja: postula que Deus estaria infinitamente presente em todas as ocasiões como meio de salvaguardar a liberdade contingente das criaturas e a necessidade de autorrealização imanente do universo. O mesmo ocorreria nas relações corpo-alma e em todas as relações materiais-imateriais das substâncias e dos seres, humanos e não humanos. Concebido como agência propiciadora das ocasiões, Deus seria o relógio de precisão infinita que sincronizaria acaso e necessidade, segundo Leibniz (Maslin, 2009). Entretanto, como conceber um ocasionalismo sem Deus? Talvez essa operação dê mais trabalho e ofereça mais

problemas colaterais do que reformular completamente as bases dessa articulação necessidade-contingência. E essa é a proposta do gerativismo.

A teoria gerativa não se filia nem ao princípio antrópico e nem às variantes do necessitarismo e do ocasionalismo. E muito menos pretende sequer sugerir algum eco de criacionismo. Quando se afirma que todas as esferas existem na eternidade, não nos referimos a entidades arcanas, gerando as estruturas fundamentais do universo e concorrendo para a sua sustentação eterna, como se pode pensar a partir de Platão e de uma tradição milenar. Quando afirmamos esse axioma gerativo, apenas enfrentamos uma demanda de racionalidade do sistema. Assim como James foi obrigado a identificar as condições fundamentais para a emergência da mente em toda evolução do universo (Godfrey-Smith, 2019; Greene, 2021), essas oito esferas precisam ser concebidas a partir de uma metaorigem distribuída em todo cosmo para que as condições de possibilidade fundamentais de sua emergência atual possam ser explicadas racionalmente. Ao mesmo tempo, definir toda evolução do universo apenas a partir do acaso produz algumas dificuldades explicativas. Como os sistemas complexos se auto-organizaram? Como podemos pensar a auto-organização dos seres? Como conceber condições escalares de sintropia (Fantappiè, 2011, Margulis, 2001), os movimentos complementares entre a entropia e a neguentropia? Como explicar a existência de algo em vez de nada? Para fornecer uma resposta a esses problemas e para evitar tanto o necessitarismo quanto o ocasionalismo, a teoria gerativa altera o par contingência-necessidade e o substitui por um novo par: atualidade-virtualidade. A dinâmica desse par depende da dinâmica de um operador: o Vazio. E de duas matrizes correlatas: o zero e o infinito.

### **Vazio, Zero e Infinito**

O cosmos é regido por uma flutuação de contingência pura, permeada pelo Vazio. Para facilitar a nomeação, chamarei essa contingência pura de oceano. Para simplificar ainda mais, tomemos o oceano como sinônimo de caos. O caos aqui se refere às teorias do caos, aos modelos estocásticos e probabilísticos, às turbulências, aos sistemas não lineares fora dos regimes de equilíbrio e aos valores positivos-negativos para a ação da entropia (Thom, 1977, 1988; Stengers, 1984, 1992, 1997; Gleick, 2013; Prigogine, 2002). E o caos não é entendido como oposto da ordem, mas como condição de possibilidade de existência de quaisquer instâncias do universo que possamos definir como ordem. Nunca podemos depreender

o caos a partir da ordem. Nunca podemos depreender o oceano a partir da ilha. Isso seria reduzir as propriedades emergentes do caos-oceano às atualizações determinadas das pequenas ilhas flutuantes de ordem. O Vazio por seu lado é pensado sobretudo a partir da noção quântica de instabilidade e de flutuação (Novello, 2021, 2023; Smolin, 2002, 2007; Greene, 2021; Rovelli, 2021). E se apoia em uma ampla tradição da filosofia (Badiou, 1996; Deleuze; Guattari, 1995; Heidegger, 1989; N g rjuna, 2016, 2018; Neto; Giacoia, 2017, 2013; Heisig, 2001; Nishitani, 2006, 1999, 1990). E sobretudo as relações abissais com o Vazio inumado (Brassier, 2007). Nesses sentidos, o Vazio não seria o nada. Não seria uma ausência. Não é uma variante do não ser exaurido pela meontologia desde a Antiguidade. E muito menos uma carência de ser. O Vazio se assemelha matematicamente ao zero. Possui uma valência funcional e relacional e, ao mesmo tempo, é o elemento sem o qual não seria possível a proliferação das multiplicidades. Sem o Vazio tampouco seria possível um dos conceitos gerativos mais importantes: o infinito. O zero e o infinito convergem no Vazio. O Vazio pode, por conseguinte, ser considerado a zona abissal onde o infinito negativo de Hegel (1992) e o zero positivo de Deleuze (1969) se tocam. O Vazio nesse sentido é pura e infinita virtualidade. Gera as inscrições diferenciais dos existentes atuais e, ao mesmo tempo, é a instância diferenciadora das existências. Pensemo-lo como uma usina de diferenças diferentes, entendendo-se aqui *diferentes* como adjetivo e como particípio presente do verbo *diferir*: diferenças que se diferenciam infinitamente de outras identidades e de outras diferenças. E, ao mesmo tempo, diferenças entendidas como agências transitivas, diferidas e diferidoras, de si e dos outros, *ad infinitum* (Derrida, 1995).

Nesses termos, o Vazio é o grande operador do gerativismo. Embora tome como ponto de partida diversas abordagens da flutuação quântica, esse operador transcende as condições de verificabilidade e de validação da teoria quântica e de quaisquer outras teorias que alimentaram a ciência moderna, conforme elenquei na primeira parte deste artigo (Petronio, 2023). Isso não impede que mecanismos se estabilizem e emerjam da contingência pura e, ao longo do tempo e do espaço do cosmos, gerem processos causais relativamente necessários aos quais possamos chamar de leis. Entretanto, aqui as leis que estão subsumidas à contingência pura e não a contingência pura que seria domesticada, polida e racionalizada pelas leis (Petronio, 2023). Da mesma forma que as relações entre contingência e necessidade se invertem, o mesmo ocorre para as relações entre virtualidade e atualidade. Os processos virtuais são o oceano do cosmos.

As atualizações são ilhas quase insignificantes. A filosofia, a ciência, as religiões e os saberes se ocuparam em explicar o oceano a partir da ilha. Edificaram castelos cuja finalidade era determinar a indeterminação dos campos virtuais a partir da determinação dos seres atuais. Ou seja: confiscar as potências devastadoras dos virtuais por meio de uma normatização dos seres atualizados. Nesse sentido, produziu-se uma disfunção. Em uma primeira redução, flutuando em meio ao Vazio, o oceano da indeterminação foi identificado às entidades atuais (Whitehead, 1985). E, em uma segunda redução, todo campo de determinabilidade dos determinados e de indeterminabilidade dos indeterminados passou a ser determinado a partir das determinações contingentes das entidades que foram atualizadas, e não a partir das *n*-condições transfinitas latentes no oceano das virtualidades e da indeterminabilidade infinita.

Nesses termos, quando defino as relações transtemporais e transespaciais, não o faço nos termos de uma projeção prospectiva. Isso definiria as condições fundamentais das esferas como esferas e dos universos como universos como sendo dadas desde a sua metaorigem. Proponho justamente o oposto: as esferas e os universos são eternos como virtualidades e contingências puras. Poderiam ter se atualizado em *n*-condições e em *n*-potencialidades, condições e potencialidades infinitamente mais amplas do que os regimes de atualização globais de tudo que existe. Essas condições e potencialidades incluem a potencialidade dessas esferas e do nosso universo, em suas condições atuais, jamais terem sequer existido em nenhuma dimensão ou universo do transverso. Isso decorre das demandas e imperativos racionais do Vazio. Se o Vazio é o operador gerativo da dissolução, da replicação e da virtualização infinitas de tudo que existe, o universo estava condenado a existir (Novello, 2023). Mas o que estava condenado a existir não era este universo que acessamos. O que estava condenado a existir eram infinitos universos que poderiam tranquilamente excluir este universo atual que habitamos. Isso não significa que nosso universo, como os universos-espelho de Blanqui (2018), não pudesse ter uma efetividade em alguma região do transverso. Significa apenas que essa efetividade deve ser entendida sempre de modo relativo e excêntrico em relação aos *n*-universos que poderiam ser (e que de fato foram) atualizados a partir da contingência pura e emergente do Vazio, em alguma dimensão, mundo ou universo do transverso.

Por outro lado, as esferas e os universos não podem ser separados uns dos outros porque todos se submetem a um vetor: o infinito. Esse infinito é o infinito atual de Cantor: os transfinitos. Difere drasticamen-

te portanto do infinito potencial das tradições anteriores. Sendo assim, esse infinito contempla infinitos-infinitos (Belna, 2011). Esse infinito abissal é extensivo e intensivo, quantitativo e qualitativo. Aplica-se a todo cosmos, a todo universo conhecido ou ainda por se conhecer. A infinitização engloba as topologias passadas, presentes e futuras, independente da geometria que utilizemos para descrevê-lo, pois o gerativismo se baseia em uma metatopologia. Ainda que uma topologia pressuponha limites para o universo descrito, deve estar inscrita nas condições de uma metatopologia que adicione outras medidas e outras condições de possibilidade de descrição, de variabilidade, de comensurabilidade, de consistência e de possibilidade.

Como no teorema da incompletude de Gödel, apenas outro sistema exterior a um determinado sistema pode conferir consistência a este sistema (Gödel, 1990; Nagel; Newman, 2008; Lannes, 2012). Apenas uma metatopologia que englobe todas as topologias existentes, passadas e futuras, pode assegurar a consistência de quaisquer topologias que se baseiem na categoria da finitude (Petronio, 2023, 2025). A topologia virtual é essa metatopologia (Petronio, 2023, 2025). Chamemos de *vortex* essa dimensão dos infinitos-infinitos, esses infinitos atuais ou transfinitos que succionam e multiplicam todos os existentes e existências e cuja multiplicidades não apenas não demandam o Um como exigem racionalmente a sua impossibilidade (Badiou, 2006). Ambos os movimentos, por mais distantes que sejam suas qualidades e suas zonas de atuação, seguem um mesmo vetor que os tensiona em direção ao vortex. Há um nome para essa dupla articulação intensista e extensista, unificada pelo vortex e pelo vetor do Vazio: campo. O campo é o elo pedido entre o microcosmo e o macrocosmo. O campo deve ser entendido na maioria das vezes como um tensor entre qualidades e quantidades, extensidades e intensidades.

O vortex se assemelha a um vetor infinito em direção ao Vazio. À medida que as condições causais, temporais e espaciais do nosso universo devem ser relativizadas, esse vetor segue em direção a n-condições temporais, espaciais e causais. Esse vortex pode instaurar uma regressão infinita cujos vetores conduzam aos limites e às margens, às origens ou aos fins, espaciais e temporais, do nosso universo e de todos os elementos fundamentais da natureza. Nesse sentido, o vortex não visa apenas o passado. Pode ocorrer como uma prospecção infinita, direcionada ao futuro. Pressupor essa viagem da informação do presente para o passado exige pressupor também uma viagem da informação do futuro para o presente e para o passado. Esse é o conhecido paradoxo de *bootstrap*. E é a base das

curvas de tipo tempo-fechado (CTT), concebidas pela topologia de Gödel, modelada a partir de processos de turbulência (Novello, 2005). Em uma dimensão macro, as condições gerais de acesso a uma viagem entre passado, presente e futuro se encontram vedadas. Entretanto, a partir da topologia de Gödel é possível produzir condições especiais que, ainda que sejam localizadas e restritas a alguma região do cosmos, possam violar a estrutura do espaço-tempo de Einstein. Ou seja: promover de modo efetivo uma viagem da informação e de corpos através das três instâncias do tempo (Novello, 2005).

Seguindo a teoria das esferas e dos universos fluando no Vazio, pode-se supor processos de desacoplamento. O desacoplamento é o meio pelo qual estruturas da natureza produzem diferenciações significativamente heterogêneas em relação a si mesmas. O planeta produziu desacoplamentos geoquímiofísicos que deram origem à vida. A vida produziu desacoplamentos que deram origem aos humanos. Os humanos produziram desacoplamentos que expandiram a esfera das tecnologias. As tecnologias produziram desacoplamentos que deram ensejo a um cosmos circular e dinâmico de signos. E a esfera dos signos desacoplou gigantescas dimensões e camadas tectônicas da mente que passaram a circular e a modular as demais esferas. Esses desacoplamentos se unificam parcialmente por meio da topologia e da mesologia. Todo desacoplamento implica riscos de grandes magnitudes. Pensados no contexto da Terra, esses riscos podem conduzir à extinção de uma espécie ou mesmo de toda vida. Isso ocorre porque os descolamentos subvertem as concepções mais hegemônicas da teoria darwiniana, que enfatizam a adaptabilidade e a funcionalidade dos organismos e seres vivos. O desacoplamento se apoia em processos que defino como desadaptativos ou exaptativos. Hoje estamos na iminência e sob os riscos de um novo desacoplamento, como analisarei mais adiante.

Resumindo, a primeira esfera do cosmos contém em si, em termos atuais e virtuais, os planetas, a vida, os humanos, as técnicas, os signos e a mente. Os modos pelos quais esses desacoplamentos podem vir a ocorrer não se encontram previstos em nenhuma lei do cosmos. Eles ocorreram e ocorrem e continuarão a ocorrer mediante aquela ação do Acaso, o maior dos deuses, como queria Nietzsche. Assemelham-se à cosmologia tiquista de Peirce: a antecedência absoluta e universal do acaso em relação às leis (Peirce, 1931-1958). As leis e as razões necessárias passaram a se organizar a partir da contingência pura (Petronio, 2023). Há uma anterioridade lógica da contingência pura em relação à necessidade. A

única causalidade absolutamente necessária é a emergência contingente dos seres e das relações enquanto seres e relações gerados em um cosmos que jamais teve, não tem e jamais terá um *telos* ou uma causalidade global. As finalidades locais passaram a estruturar os seres e a gerar cadeias de necessidades, todas elas locais, pois a noção de transverso inviabiliza qualquer universalidade homogênea. O nosso universo seria apenas uma linha causal de universos compossíveis que se atualizaram. Todos os demais universos compossíveis existem efetivamente em dimensões paralelas e em realidades tão efetivas quanto a realidade do nosso universo. A compossibilidade é apenas outro nome para a coexistência. A coexistência é anterior à existência (Sloterdijk, 2016). E por isso o transverso é composto de coexistências diferenciais e de coexistentes apenas parcialmente unificados. A dimensão processual desse transverso nos remete à replicação, às mutações e aos dados.

### **Mutação, replicação e dados**

O que permeia essas relações transversais entre os universos e as esferas? A replicação, a mutação e os dados. Definimos como dados as mínimas unidades discretas de informação do universo. A informação aqui não é entendida em termos estritos humanos. Informação é tudo que existe no universo que possa ser discricionado e que, segundo nossa concepção, encontra-se discricionado, independente da intervenção e da mensuração humanas. Por diversos motivos, chamaremos essa acepção de informação de dados. O termo *dados* preserva em si uma natureza ambivalente. Ao mesmo tempo que designa algo dado, entendido como algo subsistente, como uma entidade da natureza, sinaliza a plasticidade das combinações computacionais, constituintes e constitutivas desses elementos mínimos e primitivos e gerados de *n*-fatorações atuais e virtuais, matematicamente infinitas. Tudo que existe nos universos é uma combinação e recombinação de dados. E, ao mesmo tempo, todos os seres naturais são dados: entidades naturais estabilizadas e formalizadas que se oferecem à mente. Essa dupla articulação do conceito de dados nos ajuda a borrar a fronteira entre cosmologia e computação. Os computadores não seriam apenas máquinas criadas por humanos. Todo ser existente é um computador à medida que computa, quantifica e comuta dados. A computação não seria, portanto, apenas referente aos artefatos artificiais. O cosmos é um computador infinito programado e reprogramado pelo Vazio. O século XXI e o futuro inauguram uma nova metafísica: a ciência dos metadados. Pensar para além da natureza cada vez mais é pensar para

além da totalidade imanente de tudo que existe. O problema é que esse lugar situado fora da totalidade imanente não é mais Deus: são dados. Os dados são os agentes dos sistemas e metassistemas que constituem os universos e as esferas, incrustados no transverso. Para diferenciar essa aceção de dados de seus usos mais rotineiros no mundo atual, chamo essa cosmologia de dados de cibernesis.

Por outro lado, há diversas definições de vida. Nenhuma delas satisfaz todas as necessidades de definição de uma categoria tão ampla e complexa. O conceito de replicabilidade é o conceito mais essencial em todas as definições, a ponto de podermos definir a vida como sinônimo de replicabilidade (Dawkins, 1976; Deutsch, 1997; Gould, 1987, 1989; Mayr; Provine, 1998). Seguindo Max Tegmark (2020), a vida em sentido evolutivo seria baseada nos termos da replicabilidade em três etapas. Para a vida 1.º, tanto o hardware (genes) quanto o software (informação) são determinados pela evolução. A vida 2.º seria a vida humana cuja natureza se baseia em um desacoplamento entre hardware e software, entre gene e cultura, o primeiro determinado e o segundo programado. A era da vida 3.º estaria começando agora com a Inteligência Artificial: a capacidade de ambas as dimensões da natureza, o orgânico e o inorgânico, os genes e a informação, o humano e o universo, poderem ser programados e reprogramados, e não mais apenas determinados pela seleção natural. Estamos agora no começo da engenharia reversa do universo e da vida (Tegmark, 2020; Deutsch, 1997).

A cosmologia gerativa chega a conclusões semelhantes, mas por caminhos bastante diferentes. Não seria a artificialização da vida por meio das IAs que vai nos conduzir a uma programabilidade cada vez mais ampla da vida e da matéria. A vida 3.º não teria emergido dos humanos e das IAs. A vida 3.º seria uma condição de um universo computacional que se autoprograma e se autorregula a si mesmo: um programa sem Programador. Um jogo sem Jogador (Flusser, 2019; Lem, 2019). Em outras palavras: um universo gerativo. Nesse sentido, o gerativismo seria uma nova compreensão do que venham a ser vida e a não vida a partir do conceito de replicabilidade. E assim nos conduz à possibilidade de reconstruir tudo que até agora definimos como orgânico e inorgânico, cultural e natural, humano e não humano. Essa nova concepção deve coevoluir com as descobertas das IAs, mas não seria necessariamente derivada ou atrelada a elas. Essa solução minimiza os teores antropocêntricos e tecnocêntricos, comuns em abordagens que centralizam todas as mudanças profundas da natureza no humano e nas tecnologias. Compatibiliza vida, cosmolo-

gia e computação de modo mais integrado, emergente e não linear. E, ao mesmo tempo, sobrepõe hologramicamente as esferas-matrioskas.

A replicação é um dos melhores definidores da natureza paradoxal da vida. A replicabilidade dos genes acelerou as mutações da matéria. A vida não representa apenas uma mudança de função, estrutura e transmissão dos dados do cosmos. A vida representa uma alteração da velocidade do cosmos. E demonstra a importância das diferentes velocidades para o pensamento (Deleuze, 1998). E aqui devemos abandonar as mitologias conservadoras, que sacralizaram por tanto tempo a lentidão da natureza. Por mais que possamos criticar algumas premissas e as consequências das filosofias aceleracionistas, esse ponto nodal permanece relevante (Shaviro, 2015). A vida apenas veio a existir e apenas subsiste como vida por causa de uma aceleração infinita, propiciada pela replicação. Mutações que levariam milhares, milhões ou bilhões de anos para ocorrer nas dinâmicas inorgânicas, passaram a ocorrer a todo instante. Por meio das mutações, a vida não apenas compactou de modo impressionante e violento as dimensões espaciais e temporais das mutações. Produziu uma mudança de escalas do próprio universo. Por isso, para a vida a mutação é a regra, não a exceção (Morton, 2023). Assim como a extinção é a regra e a sobrevivência é a exceção (Neves; Rangel Junior; Murrieta, 2015).

A descontinuidade entre orgânico e inorgânico não é de natureza, como o gerativismo postula. Mas há aqui uma alteração em termos de escalas que não pode e não deve ser desconsiderada. E ela demonstra mais uma vez um dos axiomas gerativos: a ilha deve ser pensada a partir do oceano e não o oceano a partir da ilha. Por isso, contra as leis e a harmonia, o universo é regido por uma figura: o monstro (Petronio, 2023). Depois de tantas cosmologias deterministas e criacionistas, ocasionistas ou meramente probabilistas, urge construir uma cosmologia da aberração. Apenas os movimentos aberrantes podem explicar a contento alguns desses processos gerativos centrais (Lapoujade, 2015).

A emergência da vida foi um dos eventos mais excessivos, irracionais, dispendiosos, arriscados e contraintuitivos da história do universo. A vida humana adicionou camadas de contraintuição a esse processo. E praticamente os componentes essenciais da morfologia, da fisiologia e da anatomia humanas, que se tornaram ulteriormente essenciais, emergiram de apostas inexplicáveis cujos ganhos evolutivos e as motivações ainda hoje são obscuros (Bohannon, 2024). Replicação, mutação e dados caminham juntos e se retroalimentam. Quanto mais poderosa é a disseminação de informações, mais veloz e fluida deve ser a sua copiabilidade.

Quanto mais veloz a copiabilidade dos dados, maior a sua propagabilidade. Quanto maior e mais veloz for a sua propagabilidade, maior a chance de novas mutações. Quanto mais as mutações tendem a escalar, maior deve ser a diferenciação da vida. Quanto maior a diversificação da vida, maiores serão as chances dos genes autorreplicadores se perpetuarem, a despeito da sobrevivência da espécie que lhe sirva de vetor. Por mais duro que isso possa parecer, ao fim e ao cabo a evolução da vida diz respeito apenas à sobrevivência da vida, não à sobrevivência das espécies e dos indivíduos. Assim como a evolução do universo diz respeito à sobrevivência das matrizes do universo e não à sobrevivência da vida. Por mais que as esferas e os universos se acoplem hologramicamente, as possibilidades de sobrevivência de uma esfera não pressupõem necessariamente a sobrevivência das demais esferas, pelos menos não sob a forma que essas esferas assumiram em suas atualizações. As esferas e os universos coexistem e coevoluem em acoplamentos estruturais. Isso não significa a necessidade de sobrevivência de cada universo e de cada esfera sob forma atual de sua existência.

Isso nos conduz a um dilema. Embora as interpretações adaptacionistas e funcionalistas da teoria da evolução sejam dominantes, algo estranho ocorre aqui. Todos os processos adaptativos da vida seriam oriundos de processos desadaptativos anteriores. Como em uma loteria, o universo seria um programa sem Programador que aposta tudo em troca de nada ou quase nada. O ovo-programa dos dados do universo seria uma usina de mutações que visa apenas um fim: exceder a si mesmo (Flusser, 2020). Uma economia do excesso e da despesa rege a natureza (Bataille 1975, 1993, 2004). E nessas apostas de ganho-perda, nas proporções de um para um bilhão, o universo engendrou as unidades replicantes-mutantes dos genes. Há um termo gerativo para esse processo cego de alto risco e de graus de incerteza quase incomensuráveis: a exaptação. A exaptação seria uma adaptação produzida fora (*ek*) de toda estabilidade, das leis e das garantias. Um lance cego de dados sobre o abismo de probabilidades privadas de leis e regidas pela contingência pura. Um movimento excêntrico, excedente e excessivo do universo.

A replicação apresenta, contudo, um problema de ordem ética, epistemológica e política. Para além de quaisquer mitos de originalidade e de finalidade, de Origens e de Fins, uma replicabilidade irrestrita pode conduzir os sistemas e suas unidades a uma crescente homogeneização. Replicar pressupõe copiar outros seres e se copiar a si mesmo. A copiabilidade parece determinar uma reprodução dele como mesmo, ação que

aumentaria a entropia dos sistemas, conduzindo-os a estados crescentes de indiferenciação e, por conseguinte, à anomia e à morte. Em termos extremos, a replicabilidade poderia por exemplo ser usada para se justificar a escravização de humanos e a expropriação irrestrita da vida de humanos e de não humanos. Por outro lado, a produção de seres cada vez mais diferenciados e a riqueza da vida em si mesma quase sempre são concebidas como um valor imanente à descontinuidade e à diversidade de cada ser contingente e singular. Um valor que deve ser preservado, a despeito das limitações iminentes às mitologias humanistas subjacentes a essas valorizações (Petronio, 2015). Para a teoria gerativa, essa lógica não é totalmente errada, mas se baseia em uma inversão significativa de postulados que compromete a sua verdade e sua legitimidade prática.

Diante da natureza paradoxal da replicação-mutação da vida, o problema da homogeneização dos sistemas e da violência exercida contra os seres homogeneizados não decorre necessariamente da natureza replicável e mutável, nem dos seres nem dos sistemas. Decorre de um processo que ocorre desde a ontogênese da vida: a acumulação. A acumulação é o oposto do excedente. O excedente é tudo que é produzido pela potência excessiva, irracional e dispendiosa da vida, em seus jogos arriscados de finalidade cega. A acumulação seria o controle ulterior sobre esses processos excêntricos e excessivos. O excesso está para a abundância como a acumulação está para a escassez. O excesso é o compartilhamento dos frutos da abundância. A acumulação é o controle dos recursos com o intuito de gerar cada vez mais escassez. Por isso é errôneo definir o capitalismo como um motor de produção de abundância (Sloterdijk, 2006; Galbraith, 2023; Fukuyama, 1992). O capitalismo de fato promove uma inversão entre necessário e supérfluo, entre o primário e o secundário, entre o peso e a leveza, entre o perene e o efêmero, entre o essencial e o inessencial, entre a profundidade e a superfície (Lipovetsky, 2016; Barthes, 2016). A ponto de podermos dizer que vivemos uma ontologia plana: um cosmos regido por pura superficialidade (Flusser, 2019). Entretanto, a produção desses seres supérfluos, secundários, leves, efêmeros, inessenciais e superficiais pressupõe necessariamente a compensação, em algum lugar da Terra, dos termos correlatos que foram elididos. Essa compensação se realiza como mais violência, guerra, morte, destruição, expropriação, mais-valia e deterioração da vida, objetiva e subjetiva.

Ao mesmo tempo, não podemos ter um olhar ingênuo ou apenas negativo sobre os sistemas de controle. Durante a evolução da vida, muitos sistemas de controle foram importantes e mesmo essenciais para a

constituição de planos de consistência sem os quais a vida não poderia seguir adiante e prosseguir sua odisseia de diferenciação (Deleuze; Guattari, 1995). Chamo esses sistemas de controle de continentes (Petronio, 2025). Entretanto, esses ciclos de acumulação nos trouxeram ao Antropoceno. E o Antropoceno é a primeira vez na evolução da Terra em que o humano pode protagonizar a sexta extinção em massa que deve erradicar, acima de tudo, ele mesmo (Petronio, 2021; Wallace-Wells, 2019; Kolbert, 2015). A continentalização progressiva da vida, da Terra, dos humanos e dos dados em alguma medida a minimizou os graus de caos, desordem, acaso, risco e probabilidade dos sistemas como um todo. Concorreu para a redução de complexidade desses mesmos sistemas, emergentes do oceano. E, ao mesmo tempo, fortaleceu e diversificou os meios e os modos de controle. A forma mais efetiva dessa continentalização universal tem um nome: Capital.

## O Capital

E se invertermos os postulados do senso-comum? E se pensarmos a replicabilidade-mutação, vetorizando-a em direção ao vortex do Vazio e em direção ao oceano infinito dos virtuais? Nesse sentido, a replicabilidade-mutação se mostra como sinônimo de uma liberdade talvez nunca concebida pela humanidade. A replicabilidade concebida como a possibilidade processual de transicionar, apropriar-se e disseminar tudo que existe pode servir de base para a construção não apenas de uma política, mas de uma ontologia e de uma cosmologia anarquistas sem precedentes. E pode fomentar insurreições, revoluções, apropriações, sublevações, rebeliões, transgressões, revoltas e subversões que devem incidir na espinha dorsal do Capital: a produção de mais-valia.

Antes de entrar nas contradições da mais-valia, analisemos as diferenças entre mutação e revolução. Para evitar o termo clichê revolução, chamo o conjunto de todas essas operações transgressoras e essa gigantesca desoneração libidinal das pulsões replicadoras apenas de mutação (Sloterdijk, 2004, 2006; Latour, 2020a, 2020b; Flusser, 2014; Petronio, 2013). A mutação é muito maior do que uma revolução. O termo *revolução* permanece confinado a seu *locus* estritamente político e, nessa condição, tem pouco a oferecer a uma sociedade cibernética e capilarizada em todas as dimensões por um cinismo universal e difuso (Sloterdijk, 2012). Essa limitação semântica, pragmática e epistemológica do termo *revolução* nos conduz a quatro impasses. O primeiro im-

passa decorre da generalização indefinida de sua acepção política. Isso implicaria uma politização de tudo, movimento esse que não passa de um dos dispositivos mais maliciosos e ineficazes de homogeneização de processos heterogêneos, sob o pretexto de intervenções localizadas e da emancipação coletiva. O segundo impasse se refere à função restrita e mesmo eurocêntrica do termo, oriundo de *polis*. Se a hominização possui quase dez milhões de anos e se disseminou por toda Terra, gerando uma diversidade exuberante de etnias, modos de existência, valores e formas coletivas de organização, qual seria a pertinência de aplicar um termo grego, surgido no contexto da Atenas antiga, à realidade do sistema-mundo atual, de guerras híbridas e cibernetização indefinida da Terra? Um terceiro impasse diz respeito a seus usos metafóricos. Esses usos se mostram pobres quando pensamos em regimes trans:humanos (Petronio, 2024), emergentes de vastas placas tectônicas espaciais, causais e temporais. Esses empregos metafóricos dificilmente conseguem dar conta da complexidade disruptiva das novas tecnocracias, modeladas pela união profunda do Capital com as tecnociências. E, por fim, o quarto impasse diz respeito à condição tecnicamente antropocêntrica do termo política, pensando-se em um contexto de Antropoceno e de mutações de todos os sistemas e subsistemas do sistema-Terra. Por seu lado, o conceito de mutação implica necessariamente todas as agências e seres, os existentes e as existências do transversal. E não se restringe a essas limitações conceituais da categoria política desses quatro impasses.

Pensada nessa chave, apenas ações coordenadas coletivas seriam capazes de nos levar a uma mutação e a superar a dominação universal do termo-chave do Capital: a mais-valia. A mais-valia não se reduz a uma exponencialização da forma-valor por meio de uma expropriação cada vez maior do trabalho. Ela depende da produção de um valor-fantasma que se imiscua em todos os pontos infinitesimais do Capital. Apenas assim a alienação deixa de ser uma manifestação condicional ou localizada e passa a ser o cerne do sistema. Diferente de alguns discursos correntes, a escalada da alienação não se deve a uma questionável perda do real (Baudrillard, 2004, Žižek, 2005), a uma desmaterialização das relações de trabalho ou a uma virtualização integral de tudo, promovida pelas novas tecnologias (Virilio, 2015). A escalada da alienação consiste justamente em uma face oculta desses processos: o controle dos dados por meio dos sistemas de metadados. O que isso significa? Significa que hoje todas as dimensões da Terra, mediadas pelo Capital e discricionadas pelos dados, sugerem uma superfluidade cada vez maior dos bens materiais e infor-

macionais e uma acessibilidade cada vez maior aos bens de consumo. E esse é o grande dispositivo ilusionista do sistema. Esses processos apenas geram meios cada vez mais aperfeiçoados de encriptar cada vez mais as caixas pretas que produzem o controle mundial de todas as informações da Terra, da vida, da humanidade. O movimento é duplo e ambivalente. Quanto mais os sistemas de controle se universalizam para se tornarem acessíveis e ampliarem a acessibilidade dos humanos a bens, mais se universaliza a capacidade de controlar humanos e não humanos.

Esse movimento pode ser descrito a partir de duas concepções: uma da sociologia funcionalista e outra da teoria dos conjuntos. Primeira: quanto maior é a complexidade de um sistema, maiores precisam ser os elementos diferenciadores internos a esse sistema (Parsons, 1937, 1951). Segunda: a consistência de um sistema depende das relações que esse sistema estabeleça com elementos extrassistêmicos (Gödel, 1990, Nagel; Newman, 2008; Lannes, 2012).

O Capital se universalizou e erradicou toda instância que lhe seja exterior. Dessa forma, a sua consistência como sistema matematicamente tende a implodir. Ao mesmo tempo, a força do Capital reside na expropriação da singularidade dos seres. Apenas assim a singularidade pode ser convertida em escassez, exponencializando a produção de mais-valia. O Capital é paradoxalmente um agente homogeneizador que reduz a complexidade-diversidade da vida e, ao mesmo tempo, um sistema cuja sobrevivência depende de parasitar a complexidade-diversidade que esse mesmo sistema extinguiu, convertendo-a em fantasma. Ou seja: em alienação. Como não existe mais nada exterior ao Capital, para esse percurso se realizar de ponta a ponta, deve-se criar instâncias separadas-sacralizadas que assegurem a manutenção das promessas de singularidade. Entra em cena aqui o papel central da sacralização (Agamben, 2007). Essas dimensões oraculares e essas reservas inefáveis de singularidade perdida são as caixas pretas: os sistemas acumuladores de metadados que controlam e represam, estrangulam e confiscam, pilham e amortecem, destroem e capturam, extraviam e exploram os fluxos livres e selvagens de replicação da Terra. Como essas caixas pretas são mais processos do que objetos extensos, chamo esse processo de controle-confisco das potências replicadoras da vida de criogênese. A criogênese nesse sentido não se restringe a alguns magnatas adormecidos em cápsulas, à espera de serem ressuscitados e amortizados daqui uns séculos, aqui ou em Marte. A criogênese seria todo meio pelo qual a vida interrompe a replicabilidade diferenciadora e gera dispositivos de preservação dele.

Temos aqui um paradoxo. Tudo que pode ser replicado não pode ser *commodity*. Estrutura fundamental da vida, o valor da replicabilidade é a diferenciação. E a diferenciação paradoxalmente gera seres cada vez mais singulares, por meio das mutações. A geração de *commodities* depende estruturalmente da homogeneização das forças produtivas e da capitalização do controle de quantidades cada vez maiores de seres singulares. Ou seja: quanto maior for a expropriação do trabalho, dos seres e dos corpos singulares, maior vai ser a escala de produção de mais-valia sobre uns poucos singulares sacralizados. Quanto mais esmagadas e planificadas forem as massas, maior o potencial produtivo. Quanto maior o potencial produtivo, mais barato o trabalho e, por conseguinte, menor o custo da produção de mais-valia. Esse mecanismo não se restringe às análises marxistas. O mundo tecnológico do século XXI tem demonstrado esses mecanismos a olhos nus. Em uma sociedade onde tudo virtualmente pode ser replicado, nada pode gerar ou agregar valor (Kelly, 2019). O colapso das democracias, a crise de representatividade em todos os âmbitos, a expansão das autocracias, o fenômeno mundial da psicose das massas, o esvaziamento de projetos coletivos, a morte da política, a mineração da subjetividade pelos algoritmos e a extinção da privacidade pelos novos dispositivos de poder – tudo isso é apenas a ponta do iceberg de uma disfuncionalidade universal. Essa disfuncionalidade se encontra em uma crise estrutural do Capital. Durante milênios, o Capital conseguiu estabilizar as dinâmicas entre violência expropriadora e aumento escalar da riqueza, entre homogeneização da vida e produção de fetiches singulares mobilizadores do desejo, entre a desoneração infinita da replicabilidade de tudo e os recursos cada vez mais engenhosos de controle e capitalização de todo replicável.

A partir do advento da internet e das novas tecnologias digitais, o mundo explodiu as fronteiras da replicabilidade. Os sistemas de controle têm planejado não apenas as massas e hordas de matáveis que movem as engrenagens. Tem planejado e homogeneizado inclusive as formas funcionais de exponencialização infinita da mais-valia, formas essas que começam a entrar em colapso. Esse colapso é apenas o começo da implosão do Capital. Os sistemas de metadados têm conseguido controlar continentes cada vez mais abissais de dados por meio da plataformização. E assim têm exponencializado o controle da Terra e da vida, dos humanos e dos não humanos. Esses sistemas de metadados contudo têm ampliado cada vez mais a distância entre os meios replicadores, a produção de valor e a produção de estoques de seres singulares, sinalizando para um

desacoplamento grandes dimensões entre essas três estruturas. O Capital se edificou paulatinamente ao longo de milhões de anos em torno de um arqui-inimigo: o Vazio. A odisseia do Capital é a titanomaquia de combate ao Vazio. O *horror vacui* pode ser entendido como a mola propulsora e o eixo de coordenadas que norteia o Capital, desde suas pulsões mais profundas aos seus signos cotidianos mais banais.

Para potencializar essa guerra de preenchimento, criou-se um mito bastante eficaz: o mito do Exterior. Esse mito é uma variação pertinente da regência infinita e absoluta do Vazio. E apresenta mesmo certos índices restritos de racionalidade. O mito do Exterior anima rigorosamente todos os projetos e processos coloniais e imperiais da humanidade, antigos e modernos. O Exterior se associa aos impulsos de domesticação dos seres vivos em relação aos seus meios-circundantes. E constituem o que podemos chamar de civilização humana (Sloterdijk, 2004, 2006, 2016; Petronio, 2013).

Entretanto, as distinções entre Vazio e Exterior são claras. Enquanto o Exterior se mostra sempre como uma instância que precisa ser domesticada, controlada e inteligida, o Vazio representa as dimensões infinitamente inumanas do cosmos (Job, 2024; Negarestani, 2023; Peak, 2014). Essas dimensões são regidas por uma alteridade tão monstruosa, abjeta e aberrante que não pode sequer ser nomeada pela linguagem. Apenas Cthulhu de Lovecraft pode sinalizar timidamente o que venha a ser esse Vazio (Haraway, 2016). O *horror vacui* do Capital é um horror ao Vazio. E, por isso, mobiliza a acumulação. A fascinação inumana do Vazio produz o horror do Vazio: gera o assombro inumano. Gera a exponencialização indefinida das mutações.

Podemos dizer que o Exterior tem se eclipsado. O Exterior foi durante milênios a grande fonte de toda violência sacrificial. O Exterior foi durante milênios o mito legitimador. A partir dele, o Capital pôde realizar seu *potlatch* purificador e desonerar os mecanismos do excesso, potencializando ainda mais os sistemas de controle e de acumulação (Bataille, 1975; Sloterdijk, 2004, 2012). Deste a globalização terrestre do século XVI, cada vez mais a Terra é o Capital tem convergido para um mesmo espaço homogêneo: o espaço interior do Capital (Sloterdijk, 2005). Passamos das mitologias imperiais, heroicas e guerreiras a uma condição de profunda fragilidade e banalidade. Devido ao crescimento exponencial de suas próprias contradições, o Capital se converteu em Palácio de Cristal (Sloterdijk, 2005). A implosão desse palácio deve ocorrer por meio de um novo tipo capitalismo emergente: o tecnofeudalismo. Baseado nos siste-

mas de metadados, o tecnofeudalismo consegue controlar a Terra, minimizar os custos da replicação, aumentar os meios de acumulação, aumentar a hierarquia socioeconômica, exponencializar a mais-valia e produzir fraturas tectônicas entre potências mundiais, populações, grupos, tribos, partidos, identidades, gêneros, povos, etnias, coletivos, governos, classes, tanto em termos subjetivos quanto objetivos. Trata-se de um projeto de deterioração que capitaliza ainda mais o sistema como um todo. E tudo isso sem a necessidade de converter a replicabilidade em mais-valia, pois a replicabilidade não vale mais nada.

Os mecanismos convencionais de expropriação de seres singulares para se produzir a acumulação de seres-fetichê, capitalizados pela mais-valia, funcionaram enquanto vivemos uma sociedade produtivista industrial. A emergência da internet e agora das IAs generativas realocaram violentamente os lugares, funções e valências das relações entre mais-valia, singularidade e replicação. Pode-se dizer que os sistemas produtivos determinaram milhares de anos da humanidade. E se inicia agora a regência de um novo modelo universal do Capital: o tecnofeudalismo reprodutivo. A passagem de um modelo produtivo para um modelo reprodutivo deve gerar colapsos de grande escala e fraturas de grandes proporções, capazes de produzir a extinção de diversos ecossistemas, o eclipse de conquistas realizadas ao longo de séculos, o declínio do papel das instituições, a deterioração subjetiva e objetiva da vida e por fim morte de milhões de pessoas, além de outros efeitos-cascata (Wallace-Wells, 2019). O conjunto dessas alterações constitui a mutação pela qual estamos passando. E essa mutação pode ser chamada de Grande Desacoplamento. Os desacoplamentos das esferas mencionadas acima produziram movimentos tectônicos e verdadeiras mutações de meios-mesons (Petronio, 2021). Durante bilhões de anos, os desacoplamentos foram protagonizados por sistemas não humanos em escala terrestre. Agora, pela primeira vez, a alteração de todos os sistemas, subsistemas e metassistemas humanos e não humanos do sistema-Terra vai ser protagonizada por agências transumanas, tendo o humano como catalisador.

Obviamente, nem tudo está determinado dentro e pelo Capital. Pensar assim seria retroagir aos modelos mecanicistas e deterministas dos quais o gerativismo pretende se afastar. Ademais, a dinâmica entre universos e esferas, entre replicabilidade e mutação, entre os dados e a natureza, entre o excesso e a acumulação, entre hologramas e criogenias, deve sempre ser pensada a partir de modelos complexos e recursivos não lineares. A indeterminação e a contingência permeiam todas as dimensões

dessas dinâmicas e interações. As esferas e os universos foram os modos pelos quais o cosmos e a Terra passaram a se expandir e a ganhar cada vez mais agência. Não por acaso, os modelos quânticos de indeterminação e de incerteza propostos por Heisenberg decorreram de sua conhecida teoria das matrizes, de base gerativa (Pessoa Junior, 2003; Rovelli, 2021).

A partir desse modelo matricial que cruza as probabilidades das incidências internacionais-observacionais das ondas-partículas, pôde-se desenvolver algumas das principais inovações da teoria quântica. A natureza passou a ser descrita em termos de descontinuidade, granularidade, indeterminação, quantificação, superposição, sobreposição, emaranhamento. E essas novas aberturas conceituais conduziram à decoerência, ao colapso, à desigualdade de Bell, à dissolução da categoria tempo, à dissolução da categoria espaço, à pluralidade causal, aos muitos mundos, aos multiversos, às cordas, à Teoria M e a tantos outros cenários fascinantes, escalares em complexidade.

Ao pensarmos o gerativismo no contexto do Capital, não queremos minimizar a pertinência e os impactos desses sistemas complexos. Um problema, entretanto, se apresenta sob um nome: Inteligências Artificiais Generativas (IAGs). Não confundir as IAGs com Inteligências Artificiais Gerais, sinônimo de superinteligências (Bostrom, 2018). As IAGs representam um seccionamento no interior dos processos replicadores humanos e não humanos. Estamos agora atravessando uma fronteira da replicabilidade da vida, dos humanos e da Terra. E o problema crucial que as IAGs apresentam aos modelos complexos é o seguinte: as IAGs são poderosos sistemas simplificadores. Nesse sentido, por mais que analisemos os impactos das IAGs a partir de modelos complexos e emergentes, para fins racionais precisamos necessariamente as IAGs como agentes redutores de complexidade, inclusive da validade e da pertinência dos mesmos modelos complexos utilizados para compreendê-la. Em outras palavras, devemos analisar de modo complexo um sistema que escala cada vez mais de complexidade (Terra) e, ao mesmo tempo, pressupor que um agente emergente desse mesmo sistema (IAGs) pode ser um agente de redução radical de complexidade do sistema como um todo. Para fins rigorosamente racionais, isso exige que relativizemos a validade dos modelos mesmos de que nos valem para analisar esse sistema.

Dentro do Capital, essa fronteira inaugurada pelas IAGs vai abrir dois caminhos. O primeiro é um caminho de uma mutação sem precedentes. As contradições do Capital descritas não serão resolvidas. Sendo assim, vai haver uma implosão do Capital, transformado em algo radical-

mente diferente do que foi e do que é. Essa mutação deve reposicionar as funções replicadoras e, como solução das contradições, os mecanismos de replicação vão se sobrepor aos mecanismos de acumulação. Chamo esse primeiro caminho de caminho dos mutantes. Como os ciborgues de Donna Haraway, os mutantes serão seres humanos e não humanos nos quais os processos replicantes da natureza se explicitam continuamente. E por meios dos quais a replicabilidade se potencializa, gerando mais e mais diversidade. O segundo caminho é o caminho dos mutados. Defino-o assim porque ele deve ser marcado pelas massas esmagadas de seres que sofrerão os impactos devastadores de processos inauditos de acumulação. E, sob o controle do tecnofeudalismo, essas gigantescas massas de replicabilidade enfraquecida e disfuncional viverão como zumbis em um mundo totalmente controlado e cujos graus de complexidade e de diversidade vão tender cada vez mais a valores negativos. Utilizo a voz apassivadora *mutado* para enfatizar que essas populações serão anuladas pelos efeitos dessa mutação dos dados. E para sinalizar que serão mudas (*mutus*), privadas de agência. Ou seja: grandes massas silenciosas sobrevivendo dentro das engenharias de dados da Terra, escoando dia a dia para o ralo da entropia, da indiferenciação e da morte. Vamos analisar a especificidade das IAGs para compreender as condições que podem gerar esses seres mutados. E quais os meios de produzir populações mutantes, subvertendo esse catastrofismo oriundo da emergência de formas radicais de replicação. Jacques Attali propõe três cenários futuros decorrentes das grandes transformações que temos observado no século XXI: o hiperimpério, o hiperconflito e a hiperdemocracia (Attali, 2008). Diante do enfraquecimento gritante das democracias e das condições de possibilidade mesmas de manutenção das democracias que temos presenciado na última década, o mais provável é que se realize um dos dois primeiros cenários. E o motivo dessa tendência mais sombria se deve a algumas características das novas IAGs. E se deve aos desacoplamentos que essa nova tecnologia pode produzir em termos globais.

### **Inteligência Artificial (IA): Generativa e Gerativa**

O termo *generativo* tem origem no latim *generatīvus*, de *generātum*, relativo a *generāre*: *gerar*. A variante *gerativa* é mais tardia e possui mesma origem, tendo apenas sofrido um metaplasmo e a perda do *ne*. O termo provém de *gerat*, contração de *generat* e de *generātum*, ambos igualmente procedentes do verbo *generāre* – *gerar*. A variante grega mais antiga grega (*génos*) indica acepções de parentalidade, procedência familiar, vínculo étnico. Entretanto, ainda mais antigo, o radical indo-europeu *gen* (*gne*)

designa mais o ato de *nascer* e de *gerar* do que esses tipos de vinculações. As línguas neolatinas herdaram o termo provavelmente de suas primeiras ocorrências no francês do século XVII, registrado como *génératif* ou *générative*: aquilo que *engendra*, *produz* ou concerne à *geração de algo*. O inglês incorporou essa variante do francês e o termo *generative* se universalizou no meio acadêmico. Primeiro por meio da linguística generativa de Chomsky. E hoje por meio da explosão das IAGs e de todo debate em torno da Inteligência Artificial, dentro e fora das universidades.

A morfologia e a semântica do radical indo-europeu *gen* permeiam os termos *gênero*, *genes*, *general*, *gente*, *gênio*, seus correlatos e sinônimos. Isso é uma potência. Entretanto, o termo *generativo* em português nos aproxima muito de termos como *regenerar* e *degenerar*, explicitando aspectos semânticos mais relacionados a *restaurar algo a seu estado anterior* ou *conduzir algo a um declínio*, o que me parece enfraquecer a ambivalência do conceito de *gerar*, entendido simultaneamente como *nascer* e como *replicar*.

Além disso, o termo *generativo* em português soa claramente como um anglicismo. As IAGs e toda produção discursiva que a cerca adotaram de modo unânime (e irrefletido) o termo *generativo* em português, como uma simples tradução do inglês. Como não há uma distinção significativa entre ambos, optei pelo termo *gerativo*, mais preciso, conciso e forte. E por outro motivo mais técnico: a supressão do *ne*.

A supressão nunca deve ser vista como uma mera extração. As supressões são rasuras: permanecem como palimpsestos nos signos que foram rasurados (Derrida, 1994, 1995). Rasurar não é apenas extrair. A rasura ecoa no signo elidido. Mesmo quando os sentidos suplementares são apagados ou não mais identificáveis, as ausências podem migrar para os significantes ulteriores, em processos de disseminação (Derrida, 1994, 1995). Todo signo possui em si uma virtualidade vazia: todo signo é um *kenotipos* que engendra e gera sentidos por meio da potência inscrita em sua vacuidade (Meillassoux, 2006).

Gostaria então de tomar essa aparente escolha banal entre dois termos sinônimos e quase idênticos para motivar essa microdesidentificação. Emprego de agora em diante *generativo* para designar a replicabilidade que tende ao aumento de entropia, à indiferenciação crescente e à morte dos sistemas, geradora de seres mutados e trabalhando a serviço dos sistemas de controle e de acumulação. Emprego *gerativo* quando me refiro a todos os processos, sistemas e ações que pretendem manter o fluxo selvagem dos dados, ampliando a sua replicabilidade cada vez mais,

engendrando meios de subverter as caixas pretas criogênicas e emancipando todos os seres mutantes, humanos e não humanos. Assim, uso IAG apenas para nomear a tecnologia. E específico suas funções generativas ou gerativas conforme o contexto.

Em que sentido as IAGs são diferentes das tecnologias anteriores? As tecnologias anteriores mimetizavam a vida e os ambientes. As IAGs replicam e copiam a linguagem humana. As tecnologias anteriores foram estruturadas por extensividade, conexão, analogia, convergência, ruptura, continuidade, imitação, dentre outros meios. As IAGs replicam a matriz da cognição humana: a linguagem (Harari, 2024). Essa definição é boa e procedente. Contudo ainda se mostra antropocêntrica. Podemos ir mais longe. As IAGs conseguem copiar a essência da vida humana e não humana: a replicabilidade. Enquanto as tecnologias consistem em mimetismos externos, as novas IAGs são mimetismos da estrutura autorreplícadora do DNA que se encontra na ontogênese de todos os seres vivos. As tecnologias mecânicas mimetizaram por analogia o interior dos corpos. As tecnologias de comunicação mimetizaram os membros do corpo humano, gerando extensões. As tecnologias cibernéticas mimetizaram o sistema nervoso central, o cérebro e as redes neurais de transmissão de informação dos seres vivos. As IAGs não mimetizam a morfologia e a exterioridade dos processos vivos. Elas hackeiam a estrutura dos seres vivos: o DNA. Não são as estruturas, morfologias ou funções dos seres vivos. É a própria matriz operacional de permutações-combinações dos seres vivos.

As tecnologias anteriores priorizaram a produção à reprodução. E esse é um dos limites da teoria de Marx, pensada a partir das forças produtivas e em uma perspectiva masculinista. Para estar à altura dos novos meios do Capital reprodutivo, devemos conceber uma epistemologia e uma ontologia das matrizes reprodutivas, a começar pelo corpo feminino (Federici, 2017; Haraway, 2023). As mulheres foram agentes marginalizadas por milênios de ascensão da acumulação produtivista e masculinista do Capital (Graeber; Wengrow, 2023). Agora as valências, sinais e estruturas dessa nova etapa tecnofeudalista apenas podem vir a ser reordenadas e desativadas em seus potenciais destrutivos por meio de uma nova maneira de lidar com os fluxos de dados. Ou seja: por meio da transformação das formas reprodutivas em instâncias centrais da malha de produção-reprodução. Nesse sentido, Donna Haraway é nuclear (2023). A mudança do paradigma das tecnologias cibernéticas é uma mudança de ênfase nas relações de produção-reprodução. O mundo cibernético e ciborguizado em que vivemos é definido por uma estrutura de produção e de poder:

Comunicação, Controle, Comando e Informação (C3I). Nos sistemas de produção, o material é extraído da natureza, transformado pelos meios de produção e devolvido à malha por meio de uma nova materialização. O sistema C3I tem deixado de se organizar a partir da sequência produtivista Produção > Reprodução > Produção. Nessa matriz C3I, os sistemas reprodutivos passam a assumir outra sequência: Reprodução > Produção > Reprodução. Os dispositivos produtivos não se extinguem e nem vão se extinguir, obviamente. A alteração das sequências e dos termos mediadores é que reorganiza as relações globais dos meios e, por conseguinte, toda malha da produção de valor. Assim como a famosa equação de Marx, os sistemas que funcionavam a partir da lógica Mercadoria > Dinheiro > Mercadoria (MDM) não podem ser considerados capitalistas *stricto sensu*. O capitalismo implica ter o dinheiro como começo e fim do processo: Dinheiro > Mercadoria > Dinheiro (DMD). Assim a mais-valia passa a se desatrelar da produção estritamente material dos bens, e todo percurso de produção de riqueza passa a ser um percurso de endividamento (Graeber, 2026; Lazzarato, 2017). Seguindo o famoso dom de Mauss, a reprodução realizada e o dinheiro emprestado em um tempo-espaço X do sistema nunca poderão ser restituídos completamente a ninguém e a nada, sob nenhuma condição (Bataille, 1975; Mauss, 1970, 2005). Nunca existe reciprocidade completa entre dois pontos de um sistema.

Os mundos naturais e artificiais são codificados pelos meios digitais em algoritmos, e replicados sob outras formas que passam a integrar novas cadeias produtivas, ao mesmo tempo materiais e imateriais, naturais e artificiais. A reprodutividade e a replicabilidade assumem o coração do sistema. Essa é a forma pela qual o tecnofeudalismo de dados tem hackeado a vida em si mesma. Essa inversão de fatores altera o estatuto de toda malha, desde a prospecção de fontes materiais da natureza, o processamento de suas propriedades, a conversão dessas propriedades em produtos e a ulterior inserção desses produtos no mundo do consumo, tanto em termos materiais quanto informacionais. As IAGs precisam capturar todos os momentos do processo e convertê-los em dados. Conseguem assim gerar novas formas materiais-informacionais de produção-reprodução da natureza, conduzindo-a a um novo patamar de reprodutividade: a reciclagem universal (Sloterdijk, 2004). Esses ciclos são permeados pela escalada da abstração (Flusser, 2019). Podemos mesmo dizer que o Capital tecnofeudalista é um Capital zerodimensional (*ibid.*): a infinitização sem lastro do valor pelos *blockchains* materializa a circulação dos dados em programas sem extensão.

Esses dispositivos, entretanto, precisam encontrar meios de descarga da violência produzida pela acumulação. Para que alguns meios se propaguem idênticos a si mesmos por meio da criogenia, milhares e milhões de outros devem permanecer idênticos a si mesmos. Isso não decorre de uma escolha. Permanecem idênticos a si mesmos por causa das injunções homogeneizadoras e por causa da inacessibilidade das singularidades alienadas, protegidas no espaço sideral criogênico dos bancos de metadados. Diante de tantos cenários decorrentes dessas mutações e desses desacoplamentos iminentes, como criar um guia para nos orientarmos nessa tempestade? Como dimensionar as mutações nos termos dos impactos negativos e positivos para os diversos ecossistemas humanos e não humanos? Como reverter o efeito da entropia e do colapso de imunologia que deve conduzir o Capital a se consumir a si mesmo, em uma agonia lenta que nunca se consuma e em uma morte que nunca chega? Enfim, como propor projetos mutantes capazes de desarticular as fronteiras nefastas desse novo feudalismo que se avizinha? Acredito que a resposta parcial para esses assombros esteja contida em um projeto: a construção de uma filosofia hacker.

### **Filosofia hacker**

Como vimos, o imperativo de uma ciência e de uma filosofia gerativas é redimensionar as propriedades e estruturas fundamentais do universo a partir de três passos essenciais:

- (1) Criação de uma nova topologia do cosmos, baseada no transverso e nas esferas.
- (2) Estabelecer o Vazio, o zero e os transfinitos como propriedades fundamentais de tudo que existe.
- (3) Definir um novo estatuto de tudo que existe a partir de uma redefinição das mutações, da replicação e dos dados.

Esses três passos têm se consumado cada vez mais no mundo que nos cerca, modelado pela tecnociência. Por meio da biotecnologia, do design da natureza, da datificação e da computação universal, as IAGs estão borrando as fronteiras entre seres orgânicos e inorgânicos, naturais e artificiais. Como a matriz a ser replicada e reproduzida é a matriz mesma da vida, temos aqui a ascensão de um processo escalar de replicação e de alienação de segundo grau. As IAGs replicam dados e, ao mesmo tempo,

replicam as propriedades fundamentais dos replicadores e a matriz da replicabilidade em si mesma. Esse processo randômico e cumulativo das IAGs incide tanto nos agentes replicadores quanto nos seres replicados. Esse confisco da matriz mesma de replicabilidade nos conduz a um conceito nuclear da teoria gerativa: a teoria das matrizes (Petronio, 2025).

Não por acaso, *matriz* vem de *matrix*. E *matriz* remete a *mãe*. Remete também a algumas instâncias fundamentais na natureza e da mente, como os *matema* transcendentais e a *mathesis universalis*, de Ramón Llull, de Leibniz e dos cabalistas. Remete à matemática, base da computação e da cibernesis, circulação desse cosmos-dados gerativo. E remete às matrioskas: as bonecas-russas. Emblemas da teoria gerativa. Embora pareça distante dessas imagens matriciais de mães e matrizes, de matrioskas e de *mátema*, uma figura aglutinadora emerge aqui, como um protagonista essencial do sistema gerativo: o hacker. O verbo *to hack* significa *cortar grosseiramente*, com um machado ou uma faca, por exemplo. Em um cosmos baseado em dados e em *cibernesis*, em uma vida baseada em replicação e mutação, em uma Terra que se projeta excentricamente em jogos exaptativos e excedentes, talvez uma sublevação de mutantes não possa prescindir desses cortes cegos, nas florestas dos algoritmos. E quem sabe esses machados digitais não possam vir a ser as novas foices do século XXI.

## Referências

- AGAMBEN, Giorgio. *Profanações*. Tradução e apresentação de Selvino José Assmann. São Paulo: Boitempo, 2007.
- ASHKENAZI, Michael. *What we know about extraterrestrial intelligence: foundations of xenology*. Series: Space and Society. New York: Springer International Publishing, 2017.
- ATTALI, Jacques. *Uma breve história do futuro*. São Paulo: Novo Século, 2008.
- BARTHES, Roland. *Mitologias*. Tradução: Rita Buongiorno; Pedro de Souza e Rejane Janowitz. São Paulo: Difel, 2006.
- BATAILLE, George. *Obras escolhidas*. Traducción Joaquim Jordá. Barcelona: Barral, 1974.
- BATAILLE, George. *A noção de despesa*. Tradução Júlio Castañon Guimarães. Rio de Janeiro: Imago, 1975.
- BATAILLE, George. *A parte maldita*. Tradução Júlio Castañon Guimarães. Rio de Janeiro: Imago, 1975.

- BATAILLE, George. *A teoria da religião*. São Paulo: Ática, 1993.
- BATAILLE, George. *O erotismo*. Tradução Cláudia Fares. São Paulo: Arx, 2004.
- BATAILLE, George. *L'expérience intérieure*. Paris : Gallimard, 2004.
- BELNA, Jean-Pierre. *Cantor*. São Paulo: Iluminuras, 2011.
- BENSUSAN, Hilan. *Linhas de animismo futuro*. Brasília: IEB | Mil Folhas, 2017.
- BENSUSAN, Hilan; FREITAS, Jadson Alves de. *Diáspora da agência*. Salvador: Edufba, 2018.
- BAUDRILLARD, Jean. *A transparência do mal: Ensaios sobre os fenômenos extremos*. Papyrus Editora, Campinas, 2004.
- BOSTROM, Nick. *Superinteligência: caminhos, perigos, estratégias*. Darkside, 2018.
- BOHANNON, Cat. *Eva: Como o corpo feminino conduziu 200 milhões de anos de evolução humana*. São Paulo: Companhia das Letras, 2024.
- BATESON, Gregory. *Steps to an ecology of mind*. Foreword Catherine Bateson. Chicago: University of Chicago Press, 2000.
- BADIOU, Alain. *Logiques des mondes*. Paris: Seuil, 2006.
- BADIOU, Alain. *O Ser e o evento*. Tradução Maria Luiza X. de A. Borges, Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.
- BLANQUI, Louis-Auguste. *A eternidade conforme os astros*. Organização e apresentação de Márcio Seligmann-Silva. Prefácio Jacques Rancière. Tradução de Pedro Pimenta. São Paulo: Iluminuras, 2018.
- BRASSIER, Ray. *Nihil unbound: Enlightenment and extinction*. London: Palgrave Macmillan, 2007.
- BARROW, John D.; TIPLER, Frank J. *The anthropic cosmological principle*. Oxford: Oxford University Press, 1988.
- CHALMERS, David. *Reality+ : Virtual worlds and the problems of philosophy*. New York: Penguin, 2022.
- DELEUZE, Gilles. *A dobra: Leibniz e o barroco*. Tradução: Luiz B. L. Orlandi. Campinas, SP: Papyrus, 1991.
- DELEUZE, Gilles. *Cinema I: A imagem-movimento*. São Paulo: Brasiliense, 1985.
- DELEUZE, Gilles. *Cinema II: A imagem-tempo*. São Paulo: Brasiliense, 1990.

DELEUZE, Gilles. *Lógica do sentido*. São Paulo: Perspectiva, 1969.

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Felix. *O que é filosofia?* São Paulo: Editora 34, 1998.

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. *Mil platôs*. Capitalismo e esquizofrenia II, 5 vol. São Paulo, 34 Letras, 1997.

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. *O Anti-Édipo*. Capitalismo e esquizofrenia I. Tradução Georges Lamazière. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

DERRIDA, Jacques. *A escritura e a diferença*. Tradução Maria Beatriz da Silva. São Paulo: Perspectiva, 1995.

DERRIDA, Jacques. *A voz e o fenômeno*: introdução ao problema do signo na fenomenologia de Husserl. Tradução: Lucy Magalhães. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

DEUTSCH, David. Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer. *Proceedings of the Royal Society of London* A400, 1985, p. 97-117.

DEUTSCH, David. The architecture of the multiverse. In: FLACHBART, Georg; WEIBEL, Peter (eds.). *Disappearing architecture*: From real to virtual to quantum. Basel: Birkhäuser, 2005, p. 24-31.

DEUTSCH, David. *The beginning of infinity*: Explanations that transform the world. London: Penguin, 2011.

DEUTSCH, David. *The fabric of reality*: The science of parallel universes – and its implications. London: Penguin, 1997.

DEUTSCH, David. The structure of the multiverse. *Proceedings of the Royal Society*, London, v. A458, 2002, p. 2911-23.

DEUTSCH, David. *Constructor theory*. Centre for Quantum Computation, Clarendon Laboratory, University of Oxford, 2012.

DUPUY, Jean-Pierre. *Pour un catastrophisme éclairé*: Quand l'impossible est certain, Seuil, 2002.

DUPUY, Jean-Pierre. *Petite métaphysique des tsunamis*. Paris: Seuil, 2005.

DUPUY, Jean-Pierre. *Retour de Tchernobyl*: Journal d'un homme en colère. Paris: Seuil, 2006.

FEDERICI, Silvia. *Calibã e a bruxa*: mulheres, corpo e acumulação primitiva. São Paulo: Elefante, 2017.

FLUSSER, Vilém. *Comunicologia*: reflexões sobre o futuro. As conferências de Bochum. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

- FLUSSER, Vilém. *Elogio da superficialidade*: O universo das imagens técnicas. Organização Rodrigo Petronio; Rodrigo Maltez Novaes. São Paulo: Editora É, 2019.
- FLUSSER, Vilém. *Vampyrotheutis infernalis*. Petronio, Rodrigo; Novaes, Rodrigo Maltez (org.). São Paulo: Editora É, 2020.
- FLUSSER, Vilém. *Pós-história*: Vinte instantâneos e um modo de usar Petronio, Rodrigo; Novaes, Rodrigo Maltez (org.). São Paulo: Editora É, 2019.
- FLUSSER, Vilém. *Filosofia da caixa preta*. Petronio, Rodrigo; Novaes, Rodrigo Maltez (org.). São Paulo: Editora É, 2018.
- FUKUYAMA, Francis. *O fim da história e o último homem*. Tradução: Aulyde S. Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 1992.
- FUKUYAMA, Francis. *Nosso futuro pós-humano*: Consequências da revolução da biotecnologia. Rio de Janeiro: Rocco, 2003.
- FANTAPPIÈ, Luigi. *Che cos'è la sintropia?* Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico e conferenze scelte. Roma: Di Renzo, 2011.
- GALANTE, Douglas *et al.* *Astrobiologia*: Uma ciência emergente. São Paulo: Livraria da Física, 2019.
- GALBRAITH, John Kennedy. *A sociedade da abundância*. Tradução: Carla Morais. Coimbra: Actual, 2023.
- GÖDEL, K. *Collected works*, vol. I-II. Feferman S. *et al.* (eds.). Oxford: Oxford University Press, 1986, 1990.
- GODFREY-SMITH, Peter. *Outras mentes*: o polvo e a origem da consciência. São Paulo: Todavia, 2019.
- GOULD, Stephen Jay. *Time's arrow, time's circle*: Myth and metaphor in the discovery of geological time. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987.
- GOULD, Stephen Jay. *Wonderful life*: The burgess shale and the nature of history. New York, NY: Norton, 1989.
- GRAEBER, David. *Dívida*: os primeiros 5.000 anos. São Paulo: Três Estrelas, 2016.
- GRAEBER, David; WENGROW, David. *O despertar de tudo*: uma nova história da humanidade. São Paulo: Companhia das Letras, 2023.
- GREENE, Brian. *O universo elegante*: Supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

- GREENE, Brian. *O tecido do cosmo: O espaço, o tempo e a textura da realidade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- GREENE, Brian. *A realidade oculta: Universos paralelos e as leis profundas do cosmo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.
- GREENE, Brian. *Até o fim do tempo: Mente, matéria e nossa busca por sentido em um universo em evolução*. São Paulo: Companhia das Letras, 2021.
- GLEICK, James. *A informação: uma história, uma teoria, uma enxurrada*. Tradução Augusto Calil. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.
- GUMBRECHT, Hans Ulrich. *Depois de 1945: latência como origem do presente*. Tradução Ana Isabel Soares. São Paulo: Editora Unesp, 2014.
- HARARI, Yuval Noah. *Homo Deus: uma breve história do amanhã*. Tradução Paulo Geiger. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.
- HARARI, Yuval Noah. *Nexus: Uma breve história das redes de informação – da idade da pedra à inteligência artificial*. São Paulo: Companhia das Letras, 2024.
- HARAWAY, Donna. *Símios, ciborgues e mulheres: a reinvenção da natureza*. Tradução de Rodrigo Tadeu Gonçalves. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2023.
- HARAWAY, Donna. *Staying with the trouble: Making kin in the Cthulucene*. Durham, NC: Duke University Press, 2016.
- HARAWAY, Donna; KUNZRU, Hari; TADEU, Tomaz. *Antropologia do ciborgue: as vertigens do pós-humano*. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.
- HARMAN, Graham. *O objeto quádruplo: uma metafísica das coisas depois de Heidegger*. Tradução: Thiago Pinho. Rio de Janeiro: Eduerj, 2023.
- HEIDEGGER, Martin. *Ser e tempo*, 2 vols. Tradução Marcia de Sá Cavalcante. Petrópolis: Vozes, 1989.
- HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich. *Fenomenologia do espírito*, 2 vols. Tradução: Paulo Meneses; Karl-Heinz Effen. Petrópolis: Vozes, 1992.
- HEISIG, James W. *Philosophers of nothingness*. Honolulu: University of Hawaii Press, 2001.
- JOB, Nelson. O horror que nos pensa: Dos sussurros paracósmicos à intenstranheza, 2024. Disponível: <https://nelsonjob.com.br/o-horror-que-nos-pensa/>. Acesso: 08.12.2024.

- JOHNSON, Steve. *Emergência: A dinâmica de rede em formigas, cérebros, cidades e softwares*. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.
- JAMES, William. *Ensaio de empirismo radical*. Tradução: Johnny Miranda; Miriam Monteiro Kussumi. Rio de Janeiro: Machado, 2022.
- KAKU, Michio. *Hiperespaço*. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.
- KAKU, Michio. *Mundos paralelos*. Tradução: Talita Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- KOLBERT, Elizabeth. *A sexta extinção: uma história não natural*. Tradução: Mauro Pinheiro. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.
- KELLY, Kevin. *Inevitável: As 12 forças tecnológicas que mudarão o nosso mundo*. Tradução: Cristina Yamagami. São Paulo: Alta Books, 2019.
- KUHN, Thomas. *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução: Beatriz Vianna Boeira; Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- LAPOUJADE, David. *Deleuze, os movimentos aberrantes*. Tradução: Laymert Garcia dos Santos. São Paulo: n-1, 2015.
- LAPOUJADE, David. *As existências mínimas*. São Paulo: n-1, 2017.
- LATOUR, Bruno. *Diante de Gaia: Oito conferências sobre a natureza no antropoceno*. São Paulo/Rio de Janeiro: UBU/Ateliê de Humanidades, 2020.
- LATOUR, Bruno. *Onde aterrar? Como se orientar politicamente no antropoceno*. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2020.
- LIPOVETSKY, Gilles. *Da leveza: rumo a uma civilização sem peso*. Tradução: Idalina Lopes. Barueri: Manole, 2016.
- LEM, Stanislaw. *Nova cosmogonia e outros ensaios*. Tradução: Henryk Siewierski. São Paulo: Perspectiva, 2019.
- LANNES, Wagner. *A incompletude além da matemática: impactos culturais do teorema de Gödel no século XX*. São Paulo/Belo Horizonte: Annablume/Fapemig, 2012.
- LAZZARATO, Maurizio. *O governo do homem endividado*. São Paulo: n-1, 2017.
- LAZZARATO, Maurizio. *As revoluções do capitalismo*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.
- LAZZARATO, Maurizio; MELITOPOULOS, Angela. Assemblages: Félix Guattari and machinic animism. *E-Flux Journal*, n. 36, July 2012, p. 1-8.

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. *Monadologia*. (Os Pensadores). São Paulo: Abril, 1988.

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. *Sistema novo da natureza e da comunicação das substâncias e outros textos*. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

LUHMANN, Niklas. *Introdução à teoria dos sistemas*. Tradução: Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 2009.

LYOTARD, Jean-François. *O pós-moderno*. Tradução Ricardo Corrêa Barbosa. Rio de Janeiro: José Olympio, 1986.

MARGULIS, Lynn. *Planeta simbiótico: Uma nova perspectiva da Evolução*. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

MARTINS, Hermínio. *Experimentum humanum: Civilização tecnológica e condição humana*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2018.

MASLIN, Keith. *Introdução à filosofia da mente*. São Paulo: Artmed, 2009.

MAUSS, Marcel. *Lo sagrado y lo profano*. Barcelona: Barral, 1970.

MAUSS, Marcel; HUBERT, Henri. *Sobre o sacrifício*. São Paulo: Cosac Naify, 2005.

MAYR, Ernst; PROVINE, William B. (eds). *The evolutionary synthesis: Perspectives on the unification of biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1998.

MEILLASSOUX, Quentin. *Après la finitude: Essai sur la nécessité de la contingence*. L'ordre philosophique. Paris: Seuil, 2006.

METZL, Jamie. *Hackeando Darwin*. São Paulo: Faro, 2020.

MONOD, Jacques. *Acaso e necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna*. Tradução Bruno Palma e Pedro Paulo de Sena Madureira. Petrópolis: Vozes, 1971.

MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Tradução: Eliane Lisboa. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.

MORTON, Timothy. *O pensamento ecológico*. Tradução: Renato Prelorentzou. São Paulo: Quina, 2023.

NĀGĀRJUNA. *Exame do ser e do não ser*. São Paulo: Phi, 2018.

NĀGĀRJUNA. *Versos fundamentais do caminho do meio*. São Paulo: Phi, 2016.

NAGEL, Ernst; NEWMAN, James. *A prova de Gödel*. Tradução: Rebecca Goldstein. *Incompletude: a prova e o paradoxo de Kurt Gödel*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

- NEGARESTANI, Reza. *Abducting the outside: Collected writings 2003–2018*. London: Urbanomic & Sequence, 2023.
- NETO, Antônio Florentino; GIACÓIA Jr., Oswaldo (org.). *A escola de Kyoto e suas fontes orientais*. Campinas, SP: Phi, 2017.
- NETO, Antônio Florentino; GIACÓIA Jr, Oswaldo (org.). *O nada absoluto e a superação do niilismo: Os fundamentos filosóficos da Escola de Kyoto*. Campinas, SP: Editora PHI, 2013.
- NEVES, Walter; RANGEL Jr., Miguel José; MURRIETA, Rui Sergio (org.). *Assim caminhou a humanidade*. São Paulo: Palas Athena, 2015.
- NISHITANI, Keiji. *La religión y la nada*. Tradução: Raquel Bouso García. Madrid: Siruela, 1999.
- NISHITANI, Keiji. *On Buddhism*. Translation: Seisaku Yamamoto. Albany, NY: State University of New York Press, 2006.
- NISHITANI, Keiji. *The self-overcoming of nihilism*. Translation and introduction: Graham Parkes. Albany, NY: State University of New York Press, 1990.
- NOVELLO, Mario. *Manifesto cósmico I e II*. São Paulo: n-1, 2022.
- NOVELLO, Mario. *Máquina do tempo: Um olhar científico*. Rio de Janeiro: Zahar, 2005.
- NOVELLO, Mario. *Quantum e cosmos: Introdução à metacosmologia*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2021.
- NOVELLO, Mario. *Os construtores do cosmos*. São Paulo: Global, 2023.
- NEGARESTANI, Reza. *Abducting the outside: Collected writings 2003–2018*. London: Urbanomic & Sequence, 2023.
- PARSONS, Talcott. *The social system*. Glencoe, IL: Free Press, 1951.
- PARSONS, Talcott. *The structure of social action*. New York, NY: McGraw-Hill, 1937.
- PEAK, David. *The spectacle of the void*. New York, NY: Schism, 2014.
- PEIRCE, C. S. *Collected papers*. Vols. 1–6, Charles Hartshorne; Paul Weiss (eds.); vols. 7–8, Arthur Burks (ed.). Cambridge, MA: Harvard University Press, 1931–1958.
- PEIRCE, Charles Sanders. *Semiótica e filosofia: Textos escolhidos de Charles Sanders Peirce*. Tradução Octanny Silveira da Mota; Leonidas Hegenberg. São Paulo: Cultrix, 1972.
- PEIRCE, Charles Sanders. *Escritos da série cognitiva*. Tradução: Cassiano Terra Rodrigues. Prefácio: Lucia Santaella. Campinas: Unicamp, 2024.

PEIRCE, Charles Sanders. *Semiótica*. Tradução José Teixeira Coelho Neto. São Paulo: Perspectiva, 2000.

PIAZZA, Pier Vincenzo. *Homo biologicus: como a biologia explica a natureza humana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2021.

PESSOA JR, Osvaldo. *Conceitos de física quântica*, 2 vols. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

PETRONIO, Rodrigo. *Abismos da leveza: por uma filosofia pluralista*. São Paulo: Editora É, 2022.

PETRONIO, Rodrigo. Filosofia e topologia virtuais. *Cosmo & Contexto*, 28 de maio de 2024. Disponível: <https://cosmosecontexto.org.br/topologia-e-filosofia-virtuais/> Acesso: 08.12.2024.

PETRONIO, Rodrigo. Introdução à teoria gerativa – parte 1: conhecimento, cosmologia e emergência a partir da obra de David Deutsch. *TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, n. 27, 2023, p. 67–88. Acesso em 19.05.2024: <https://revistas.pucsp.br/index.php/teccogs/article/view/64662/43716>.

PETRONIO, Rodrigo. Jamais fomos humanos. In: GIUCCI, Guillermo; MONTEIRO, Maria Conceição; PINHO, Davi (org.). *Eros, Tecnologia, Transumanismo: figuras culturais contemporâneas*. Rio de Janeiro: Caetés, 2015.

PETRONIO, Rodrigo. *Mesons: ontologia*. Tese de Doutorado apresentada no Departamento de Literatura Comparada do Instituto de Letras da Universidade do Estado do Rio de Janeiro para a obtenção do título de Doutor. Rio de Janeiro, 2015.

PETRONIO, Rodrigo. Pensar o abissal. In MORTON, Timothy. *O pensamento ecológico*. Tradução: Renato Prelorentzou. São Paulo: Quina, 2023, p. 237-248.

PETRONIO, Rodrigo. *Por que o futuro será uma era dos meios*. Barueri: Estação Letras e Cores, 2021.

PETRONIO, Rodrigo. *Uma antropologia para além do humano: Religião e hominização na obra Esferas* de Peter Sloterdijk. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciência da Religião. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2013.

PETRONIO, Rodrigo. *Oceanos: a topologia entre os continentes e as margens da terra*. São Paulo: Global, 2025 (prelo).

PRIGOGINE, Ilya. *As leis do caos*. São Paulo: Unesp, 2002.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *A nova aliança: metamorfose da ciência*. Tradução Miguel Faria e Maria Joaquina Machado. Brasília: Universidade de Brasília, 1991.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *The end of certainty: Time, chaos and the new laws of nature*. Glencoe, IL: Free Press, 1997.

ROVELLI, Carlo. *O abismo vertiginoso: Um mergulho nas ideias e nos efeitos da física quântica*. Tradução: Silvana Cobucci. Rio de Janeiro: Objetiva, 2021.

SAGAN, Carl. *Bilhões e bilhões: reflexões sobre vida e morte na virada do milênio*. Tradução Rosaura Eichenberg. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

SAGAN, Carl. *Cosmo*. Tradução: Paulo Geiger. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

SANTAELLA, Lucia. *Culturas e artes do pós-humano: da cultura das mídias à cibercultura*. São Paulo: Paulus, 2003.

SANTAELLA, Lucia. *Neo-humano: a sétima revolução do Sapiens*. São Paulo: Paulus, 2022.

SANTAELLA, Lucia. *Teoria geral dos signos: semiose e autogeração*. São Paulo: Ática, 1995.

SANTAELLA, Lucia. *A assinatura das coisas: Peirce e a literatura*. Rio de Janeiro: Imago, 1992.

SANTAELLA, Lucia. *O método anticartesiano de Charles Sanders Peirce*. São Paulo: Unesp, 2004.

SANTAELLA, Lucia. *Percepção: fenomenologia, ecologia, semiótica*. São Paulo: Cengage, 2011.

SHAVIRO, Steven. *No speed limit: Three essays on accelerationism*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press, 2015.

SHUCH, H. Paul. *Searching for extraterrestrial intelligence: SETI Past, Present, and Future*. Berlin: Springer, 2011.

SLOTERDIJK, Peter. *Ira e tempo: ensaio psicológico-político*. São Paulo: Estação Liberdade, 2012a.

SLOTERDIJK, Peter. *Palácio de cristal: para uma teoria filosófica da globalização*. Tradução: Manuel Resende. Lisboa: Relógio D'Água, 2005.

SLOTERDIJK, Peter. *Crítica da razão cínica*. Tradução: Paulo Soethe *et al.* São Paulo: Estação Liberdade, 2012b.

- SLOTERDIJK, Peter. *Esferas I: bolhas*. microesferologia. Tradução de José Oscar de Almeida Marques. São Paulo: Estação Liberdade, 2016.
- SLOTERDIJK, Peter. *Esferas II: globos*. macrosferología. Traducción Isidoro Reguera. Barcelona: Siruela, 2004.
- SLOTERDIJK, Peter. *Esferas III: espumas*. esferología plural. Traducción Isidoro Reguera. Barcelona: Siruela, 2006.
- SMOLIN, Lee. *Três caminhos para a gravidade quântica*. Tradução: Walter Maciel. Rio de Janeiro: Rocco, 2002.
- SMOLIN, Lee. *The trouble with physics: The rise of string theory, the fall of a science, and what comes next*. Boston and New York: Marine Books and Houghton Mifflin Company, 2007.
- SOURIAU, Étienne. *Les différents modes d'existence*. Paris: PUF, 2009.
- STENGERS, Isabelle. *No tempo das catástrofes*. São Paulo. Cosac Naify, 2015.
- TARDE, Gabriel. *Monadologia e sociologia e outros ensaios*, comp. Eduardo Viana Vargas. Tradução: Paulo Neves. São Paulo: Cosac Naify. 2007.
- TEGMARK, Max. *Vida 3.0: O ser humano na era da inteligência artificial*. São Paulo: Benvirá, 2020.
- THOM, René. *Stabilité structurelle et morphogénèse: Essai d'une théorie générale des modèles*. Paris: InterÉditions, 1977.
- THOM, René. *Esquisse d'une semiophysique*. Paris: InterÉditions, 1988.
- VIRILIO, Paul. *Estética da desapareição*. São Paulo: Contraponto, 2015.
- WALLACE-WELLS, David. *A terra inabitável: uma história do futuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.
- WALLACE-WELLS, David. *The emergent multiverse: Quantum theory according to the Everett interpretation*. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- WITTEN, Edward. *Capire la scienza: La teoria delle stringhe; La teoria del tutto*. Roma: L'Espresso, 2012.
- WHITEHEAD, Alfred North. *Process and reality: An essay in cosmology: Gifford Lectures delivered in the University of Edinburgh during the session 1927-1928*, corr. ed., David Ray Griffin; Donald W. Sherburbe, eds. Glencoe, IL: Free Press, 1985.
- ŽIŽEK, Slavoj. *Bem-vindo ao deserto do real*. São Paulo: Boitempo. 2005.

STAPP, Henry P. *Mind, matter and quantum mechanics*, 3 ed., e-book. Berlin: Springer, 2009.

dx.doi.org/

10.23925/1984-3585.2024i2930p338-342

Licensed under  
CC BY 4.0

## Resenha do livro *Mind, Matter and Quantum Mechanics*, de Henry P. Stapp

Leandro Tibiriçá de Camargo Bastos<sup>1</sup>

Segundo Stapp, existe um problema básico no que diz respeito à conjunção da física com a descrição da linguagem no cérebro, e esse problema seria a linguagem matemática da mecânica clássica. Isso porque, na nossa percepção, objetos físicos ocupam um lugar definido. Nós usamos, em geral, ideias da física do século XIX nos conceitos do cotidiano. Nossas observações são classicamente descritivas. Na teoria, isso significa dizer que existe um “colapso da função de onda” (p. vii) que exclui qualquer sinal incompatível com a experiência consciente. O problema é que

tem evidência significativa da neurociência que os nossos pensamentos conscientes são associados com oscilações sincrônicas em lugares separados do cérebro. Isso abre a porta para uma maneira natural de entender, simultaneamente, tanto a mente-cérebro quanto a ligação clássica-quântica. Movimentos oscilatórios tem um papel fundamental na mecânica quântica, e eles incorporam uma conexão quântica extremamente justa. Essa conexão permite que as conexões entre cérebro e quântica sejam entendidas juntas de uma maneira relativamente simples e direta” (p. viii).

Temos no presente livro, portanto, a reunião de uma série de artigos em que o autor tenta demonstrar a possibilidade de que a mecânica quântica preencha o espaço entre a ação simultânea do cérebro e os problemas da mecânica clássica para descrever suas ações. A questão que se coloca é: “qual o tipo de ação cerebral corresponde a um pensamento consciente? Como o conteúdo de um pensamento se relaciona com a forma correspondente de ação cerebral? Como pensamentos conscientes guiam ações corpóreas?” (p. 3).

---

<sup>1</sup> Doutor em Tradução pela Universidade de São Paulo, pós-doutor em língua e literatura inglesa pela Universidade de São Paulo, pós-doutorando em língua e literatura inglesa pela Universidade de São Paulo. Autor do livro *Dido, a Rainha de Cartago: Como Christopher Marlowe influenciou Shakespeare e marcou nossa noção de gênero*, publicado pelo Departamento de Letras Modernas da FFLCH-USP. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1501-9512>. E-mail: [lean-drotcb@hotmail.com](mailto:lean-drotcb@hotmail.com).

Percebe-se que a ideia clássica de matéria é incompatível com vários processos essenciais do cérebro. O modelo de física que poderia ajudar a preencher essa distância entre pensamento e ação física seria o de Heisenberg. Numa tentativa de demonstrar o problema designado, o autor passa a comparar modelos da psicologia e da física contemporânea. Da Psicologia, ele toma como modelo William James. Da física, ele avalia o paradoxo proposto por Einstein e passa a considerar as vantagens do modelo de Heisenberg.

O problema de Einstein dizia respeito a “ação forte e instantânea em longas distâncias” (p. 5). Um experimento feito por Hardy atesta o fenômeno da localização, visto que nela é que existem fenômenos.

O pensamento de James, por sua vez, diz que existem duas maneiras de unificar a realidade: uma espiritualista

a quer encontrar uma causa comum na divergência, e outra associacionista, que diz buscar nos elementos diversos uma ligação entre eles. A conclusão de James é que ambos os modelos apresentam elementos do que ele chama de uma abordagem cerebralista, em que existe uma interação entre as leis do cérebro e as da realidade. Apesar de considerar esse postulado como irracional, por ser contraintuitivo, James vai propor a ideia de completude ou unidade de cada pensamento consciente. Isso se deve ao fato de que os pensamentos, quando considerados na sua totalidade, são mais do que a soma de suas partes. O mesmo poderia ser dito em relação ao cérebro. Esse tipo de similitude estabelecida por James, segundo Stapp, está de acordo com as leis da física contemporânea.

No que diz respeito à física quântica, o autor vai propor que, se existe uma partícula numa caixa, mas não sabemos onde, podemos dividir a caixa em pequenas partes iguais e assinalar uma probabilidade para cada uma. Isso bastaria segundo os postulados da partícula clássica. A diferença, no caso da mecânica quântica, é que “a evolução da probabilidade de distribuição durante a passagem do tempo é governada por uma equação de movimento diferente, e a quantidade que foi interpretada no cálculo clássico como a probabilidade numa pequena região em posição e velocidade no espaço pode ser negativo”. Isso vai introduzir a possibilidade de ação instantânea à distância. Outra diferença em relação à mecânica clássica é que a probabilidade de distribuição existe como real na mecânica quântica, enquanto na clássica é um construto. Esse modelo, estabelecido por Bohm, propõe a existência de uma força extra que depende da probabilidade de distribuição objetivamente existente, e que mantém essa probabilidade de distribuição ao longo do tempo. Esse modelo permite

presumir a ação instantânea à distância e viola a presunção de que não exista influência acima da velocidade da luz, o que é parte do modelo da física clássica. A probabilidade de distribuição seria dividida em ramos diferentes e só um seria vivido no nível da experiência humana ordinária.

O modelo de Heisenberg, por sua vez, propõe que não existe seleção entre os vários ramos de possibilidade do mundo físico, mas que apenas um deles seria vivido por uma forma de consciência, estabelecendo uma ligação entre o efeito e sua detecção.

No modelo de Bohm existe, além da possibilidade de distribuição, um mundo clássico real e a determinação de qual dos dois desenlaces alternativos possíveis ocorreria realmente é especificado pelo modo como um ponteiro clássico termina na região da direita ou da esquerda. No modelo de Heisenberg, não existe tal mundo clássico. Em lugar disso, é postulado que depois das leis de movimento determinísticas decompõem em 2 ramos bem separados a probabilidade, um evento de detecção ocorre. Esse efeito é um salto quântico, e atualiza uma ou outra das possibilidades macroscópicas e elimina as outras. Esses eventos de Heisenberg são considerados como as coisas que acontecem de verdade na natureza. (p. 17)

O modelo de mente/cérebro introduzido é baseado na similaridade entre o cérebro e o mecanismo de medição. Mecanismos de medição de efeitos reais serão aqui identificados com a atividade cerebral. A condição para isso é que a atividade mental e a atividade cerebral possuam um isomorfismo matemático que é explicado adiante.

Grandes computadores com software complexo dão um exemplo de como atividades correlatas ao pensamento podem ser geradas de uma maneira complexa, porém, mecânica, usando as representações internas de coisas externas ao computador.

Stapp cita o influente filósofo Daniel Dennett, para quem a visão da mente como algo distinto do cérebro é um dualismo (p. 21). Dennett parte de um artigo de Gilbert Ryle em que é questionado o dogma cartesiano do “fantasma na máquina”. Em oposição a isso, coloca o argumento materialista em que a mente é um fenômeno físico correlato às reações físicas e químicas da fisiologia. Para Ryle, a visão dualista, usando categorias incompatíveis, levaria a um regresso infinito. Stapp passa então a comparar o que ele chama de mente do fantasma na máquina e mente de William James. Para ele, a concepção jamesiana propõe um antídoto ao dualismo, pois “o pensamento é ele próprio o pensador” (p. 21). É essa mente jamesiana que o autor pretende explicar com o seu modelo quântico.

Desse modo, não se poderia mais dizer que uma ação inteligente é aquela que é pensada com antecedência. Isso levaria a um regresso infinito. Para o autor, “quando eu faço alguma coisa de modo inteligente, pensando que eu a estou fazendo, eu estou fazendo uma coisa, não duas. Minha performance tem uma maneira ou procedimento especial, não antecedentes especiais” (p. 22). A conclusão é que “mente se refere a um comportamento do corpo” (*ibid.*). Por isso que a concepção física da realidade de Heisenberg leva a uma ação da mente/corpo, “combinando os aspectos intelectuais e funcionais do ato executante em um único evento” e dessa maneira evita o dualismo (p. 22).

O autor ainda se vale de Dennett para atacar a ideia de um único fluxo de consciência, dizendo que “há canais múltiplos nos quais circuitos especialistas tentam, num pandemônio de paralelismos, fazer suas várias coisas, criando múltiplos esboços ao longo do caminho” (p. 24). Aqui o autor se separa de Dennett. Enquanto o filósofo da mente nega qualquer forma de pensamento unificado, Stapp afirma que existe uma apresentação de pensamentos na consciência. O problema fundamental seria como formar pensamentos complexos que gerem unidade sem cair numa lógica reducionista. Esse seria outro problema que aparece devido ao uso da física clássica como modelo, segundo o autor. Uma operação que forma totalidades sem renunciar à multiplicidade, tal como um evento de Heisenberg, é o que seria necessário como contraexemplo da alegação de Dennett, segundo a qual não existe forma explícita de consciência. Para esse modelo, uma grande variedade de atividades geraria apenas um evento de detecção que se apresentaria na consciência.

Outro pressuposto de Stapp é que existem dois processos que explicam a realidade. Um deles seria um processo evolutivo linear. Outro seria um processo mais amplo explicado por saltos quânticos. E isso se aplica ao cérebro.

O cérebro contém uma grande rede de neurônios ligados por sinapses que conduzem impulsos elétricos. Esses processos, por envolverem processos químicos, devem ser tratados de maneira quântica. A sinapse é iniciada pela captura de um pequeno número de íons de cálcio. Essa captura é representada por uma função de probabilidade. Portanto, se uma sinapse vai transmitir ou não um sinal, é um problema que deve ser tratado de modo quântico.

Essa situação é comparável com a descrição de Heisenberg, mas nesse caso o cérebro humano ocuparia o lugar do equipamento de medida. Um evento real deve ser selecionado e atualizado no estado observá-

vel, e erradicar os outros. Todo evento consciente seria, então, correspondente a uma entidade que depende das leis da mecânica quântica. Uma vez selecionado o evento real ele seria atualizado dentro de um estado que pode ser descrito pela mecânica da física tradicional.

Desse modo, o autor concilia o problema entre mente e cérebro assim como a compatibilidade entre a mecânica clássica e a quântica.

WOLFF, Milo. *Schrödinger's universe: Einstein, waves & the origin of the natural laws*. Parker, CO: Outskirts Press, 2008.

dx.doi.org/

10.23925/1984-3585.2024i2930p343-346

Licensed under  
[CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Resenha do livro *Schrödinger's Universe*, de Milo Wolff

Nelson Job<sup>1</sup>

Existem livros de divulgação feitos por físicos que se tornaram clássicos, contribuindo para que um público formado de não físicos tenha acesso àquelas teorias que muitas vezes podem parecer esdrúxulas para um não iniciado. O livro *Schrödinger's Universe* de Milo Wolff – que possui alguns cálculos ao final, cujo não entendimento não atrapalha a compreensão da ideia geral do livro –, além de servir para não físicos, deveria também ser lido pelos próprios físicos, que em sua maioria desconhecem a proposta dele.

Quem é Milo Wolff? É um físico norte-americano com trabalhos relevantes em ótica, que já trabalhou na NASA e no MIT, tendo sido professor em universidades da China, Singapura e Indonésia. Além disso, Milo teve uma parceria recorrente com o filósofo da física australiano Geoff Haselhurst (2023) e com o acupunturista Peter H. Fraser (Fraser; Massey, 2010). Wolff propõe em seu livro uma nova interpretação da mecânica quântica (doravante, “MQ”) absolutamente sem partículas, chamada *The Wave Structure of Matter*, algo como “Interpretação da estrutura da matéria enquanto onda” (doravante, usaremos a sigla utilizada no livro: WSM).

Cabe a contextualização do porquê uma “nova interpretação” da MQ? A MQ possui um aspecto peculiar, pois ela é uma teoria científica comprovada, mas que não possui uma única interpretação canônica. Quando vários cientistas se reuniram no famoso Quinto Congresso de Solvey de 1927, no Parque Leopoldo de Bruxelas, cada um possuía sua própria compreensão da MQ, de modo que a ata final fazia referência bíblica à Torre de Babel (Pinto Neto, 2010). Como Niels Bohr e Werner Heisenberg escreveram tex-

---

<sup>1</sup> Psicólogo, doutor em História das Ciências das Técnicas e Epistemologia/UFRJ, pesquisador transdisciplinar, criador do campo conceitual e experimental transaberes, autor dos livros *Confluências entre magia, filosofia, ciência e arte: a Ontologia Onírica*, *Vórtex: modulações na Unidade Dinâmica* e do romance *Druam*. E-mail: [nelson@transaberes.com](mailto:nelson@transaberes.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2092-3588>.

tos de divulgação mais populares, dado à grande influência de ambos no meio, convencionou-se dizer que a interpretação mais aceita foi a deles, a *interpretação estatística*.

Uma das grandes questões levantadas pela MQ é o problema do chamado *colapso da função de onda*. O famoso experimento de dupla fenda expressa em que uma partícula é emitida e, ao passar por um anteparo com dupla fenda, ela é registrada no segundo anteparo como se fosse onda. O que ocorre entre um anteparo e outro é um mistério que perdura mais de cem anos depois do advento da MQ, tornando-se uma espécie de “caixa preta” microcósmica. Muitas interpretações foram se acumulando ao longo do tempo, como a interpretação estatística de Bohr, que propõe que não há uma onda de fato, mas a probabilidade de a partícula estar em vários estados. Há uma interpretação que soa como ficção científica, como a interpretação de Muitos Mundos, de Hugh Everett III, desenvolvida por DeWitt. Segundo ela, cada estado da onda “vai” para universos paralelos diferentes, sobrando apenas um estado em nosso universo.

No entanto, Wolff propõe que cientistas como o vitoriano William Clifford – que Wolff considera um precursor da WSM –, Einstein, o próprio Schrödinger e Mach já criticam a noção de partícula como sendo indevida. De fato, Schrödinger (1977) citava o filósofo imanentista do século XVII, Baruch Espinosa, para dizer que a MQ não reúne sujeito e objeto porque eles nunca estiveram separados. Wolff amplia o Princípio de Mach, dialogando com Einstein, ao afirmar que toda a matéria do universo “diz” ao espaço como se curvar e o espaço “diz” à matéria como ela deve se mover. Mas Wolff também cita o filósofo Leibniz, também do século XVII, conhecido por ser um árduo defensor de um universo contínuo e até mesmo Sidarta Gautama, o Buda, o Taoísmo e o Hinduísmo como precursores da WSM, além de considerar a meditação como uma averiguação relevante do cosmos.

Wolff também reconhece no filósofo neoplatônico do século III, Plotino, como mais um dos precursores da WSM. Nesse ponto, cabe uma ressalva nossa no sentido de que a filosofia de Plotino possui um aspecto *henológico*, ou seja, relativo ao *não ser*, chamado também de *Uno* ou *Belo* por ele, que ao se “dobrar sobre si” gera os aspectos ontológicos, a saber, a *transcendência* ou *anima mundi*, as “almas individuais” e a *imanência* ou os corpos físicos, sendo que todos esses “níveis” são contínuos entre si. Plotino possui uma filosofia instigante que com certeza ajuda a pensar certos mistérios da MQ. No entanto, a ontologia puramente imanente de Espinosa, ou seja, sem transcendência e sem henologia, nos parece

mais adequada para pensar a WSM, ainda que Wolff não o cite. Se Wolff cita, ao nosso ver, Leibniz consistentemente, por sua vez, Schrödinger o critica, em detrimento de Espinosa. A crítica de Schrödinger entende as mônadas de Leibniz apenas como pura multiplicidade, sem se ater à continuidade ao longo delas. Nesse respeito, Wolff deixa bem claro sua posição continuísta ao afirmar que toda a matéria é interconectada.

A citação de pensamentos orientais relacionados com física teórica pode gerar certa desconfiança no leitor. Entretanto, cabe lembrar que grandes físicos também faziam tal relação. Schrödinger e Wolfgang Pauli eram entusiastas das *Upanixades*, texto sagrado hindu, e David Bohm teve um longo e prolífico diálogo com o místico indiano Jiddu Krishnamurti, para apenas ficar nos exemplos mais óbvios.

Wolff se baseia na “intepretação transacional” de John G. Cramer (1986), da Universidade de Washington, um físico tradicionalmente ligado às pesquisas sobre o eletromagnetismo. Para este, o que se conhece como partícula é o resultado da ressonância, apelidada por Cramer de um “apertar de mãos”, de uma *onda avançada* vinda do futuro com uma *retardada* vinda do passado. O controverso experimento de 2004 realizado pelo físico Shahriar Afshar no IRIMS e em Harvard, que supostamente violaria o princípio de complementariedade de Bohr, é considerado por Cramer como um suporte para sua interpretação. Contudo, vários cientistas publicaram respostas afirmando que o experimento não violaria o princípio de complementariedade, mantendo acesa a polêmica.

Por sua vez, A WSM de Wolff envolve um encontro entre uma onda “para dentro” (*inward*) com uma onda “para fora” (*outward*). Quando esse encontro ocorre na mesma frequência, gera uma onda estacionária que é esférica e possui pontos fixos. Essa onda esférica estacionária, na escala humana, é entendida como partícula, mas para Wolff, *tudo são ondas*, livres (as que são entendidas canonicamente como ondas) e estacionárias.

A WSM resolve vários problemas da MQ, como o próprio “colapso” de onda, que deixa de ser colapso, mas está longe de ser comprovado. Além disso, suas discussões acerca da gravidade – uma troca local de energia com o meio ondulatório circundante – permitem que ela seja um bom direcionador para uma possível Teoria da Unificação.

A pouca popularidade da WSM, para nós, está mais relacionada a uma cosmovisão dualista que é majoritária, do que à ausência de méritos científicos. Espero que esta resenha estimule físicos e não físicos a entrarem em maior contato com ela.

## Referências

CRAMER, John G. The transactional interpretation of quantum mechanics, 1986. Disponível em: [www.researchgate.net/publication/280926546\\_The\\_transactional\\_interpretation\\_of\\_quantum\\_mechanics](http://www.researchgate.net/publication/280926546_The_transactional_interpretation_of_quantum_mechanics). Acesso em: 26 set. 23.

FRASER, Peter H.; MASSEY, Harry; com PARISI WILCOX, J. *Decodificando o corpo bioenergético: a base da ciência médica no futuro*. Tradução de Sandra Luzia Couto. São Paulo: Cultrix, 2010.

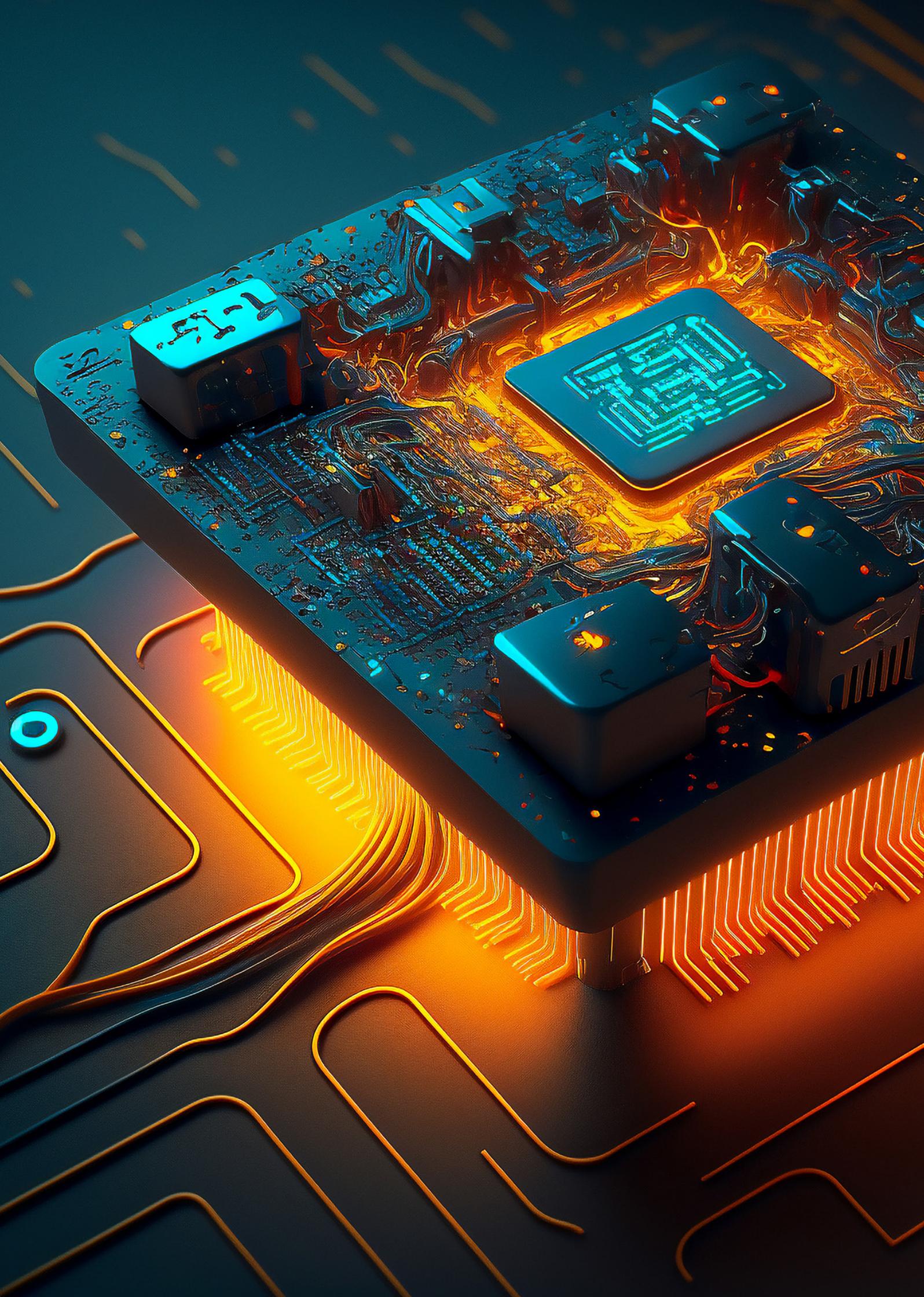
HASELHURST, Geoff. Truth statements on physical reality, 1997. Disponível em: [www.spaceandmotion.com/truth-statements-physical-reality.htm](http://www.spaceandmotion.com/truth-statements-physical-reality.htm). Acesso em: 27 set. 23.

PINTO NETO, Nelson. *Teorias e interpretações da mecânica quântica*. Rio de Janeiro: Livraria da Física, 2010.

PLOTINUS. *The Enneads*, ed. abreviada. Tradução de J. Dillon. Harmondsworth: Penguin, 1991.

SCHRÖDINGER, Erwin. *O que é vida?* Tradução de J. de Paula Assis e V. Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Editora Unesp, 1977.

ESPINOSA, Baruch. *Ética*. Tradução de T. Tadeu. São Paulo: Autêntica, 2008.



## Diretrizes para autores – TECCOGS

A *TECCOGS – revista digital de tecnologias cognitivas* é um periódico do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). As edições são semestrais e exclusivamente digitais, disponíveis em [pucsp.br/pos/tidd/teccogs](http://pucsp.br/pos/tidd/teccogs).

A **TECCOGS recebe artigos e resenhas de doutores ou de especialistas, mestrandos, mestres e doutorandos em coautoria com doutores.**

**Título, subtítulo, resumo** (com no mínimo 1000 e no máximo 2500 caracteres com espaços) e **palavras-chave** (de três a seis termos) do artigo deve aparecer em português ou espanhol (caso o artigo esteja escrito nessa língua) e, logo em seguida, traduzidos para o inglês.

O(s) **nome(s) do(s) autor(es)** deve(m) estar logo abaixo do subtítulo do artigo, acompanhado de uma nota de rodapé (escrita em fonte *Times New Roman* tamanho 11 pt, espaçamento simples) contendo currículo e biografia (formação, vínculo acadêmico, área de atuação e e-mail) com, no máximo, cinco linhas.

Cada artigo deve possuir no mínimo 20.000 e no máximo 50.000 caracteres com espaços.

Resenhas devem possuir no mínimo 8.000 e no máximo 13.000 caracteres com espaços.

O **corpo do texto** deve ser configurado em fonte *Times New Roman* tamanho 12 pt, espaçamento 1,5 linhas, parágrafo alinhado à esquerda, sem hifenização. **Citações diretas com quatro linhas ou menos** devem aparecer entre aspas (“”) incorporadas ao corpo do texto, indicando a fonte entre parênteses no modelo “(SOBRENOME [em maiúsculas], ano de publicação, p. [número da página])”, conforme a Norma Brasileira (NBR) 10520 (ago. 2002) da ABNT.

As **citações diretas com mais de quatro linhas** devem ter recuo à esquerda de 4 cm, sem aspas, com fonte *Times New Roman* tamanho 11 pt, espaçamento simples, parágrafo justificado e sem hifenização.

**Imagens** (fotografias, ilustrações, diagramas, tabelas, gráficos) precisam ter resolução de, no mínimo, 100 dpi/ppi (*pixels* por polegada) e devem estar integrados ao corpo do texto, com imagem e legenda centralizadas e fonte especificada (para imagens da *internet*: “Disponível em: “<site>”. Acesso em: “dia mês abreviado ano”).

O texto deve respeitar o **Novo Acordo Ortográfico da língua portuguesa**, vigente desde 2009. De acordo com a Base XIX da Nova Ortografia, termos como “Inteligência Artificial”, “Psicologia Cognitiva”, “Informática” e “Filosofia” (quando se trata da área de conhecimento) devem iniciar com maiúsculas. Segundo a política de direitos autorais da revista, os autores se responsabilizam pelos direitos de uso de todas as imagens.

Para elaboração de resumos, citações e referências, a revista segue as NBR 6023 (ago. 2002), 6028 (nov. 2003) e 10520 (ago. 2002) da ABNT. Não são permitidas notas de fim. Notas de rodapé devem ser usadas o mínimo possível, exclusivamente para adicionar observações pontuais, nunca para indicar referências bibliográficas. Em fontes da *internet*, a autoria do texto deve ser indicada entre parênteses, bem como o ano de publicação e endereço e data de acesso.

Todas as obras mencionadas nas referências devem estar citadas ao menos uma vez no texto e, do mesmo modo, toda e qualquer obra mencionada no texto deve constar nas referências.

A **TECCOGS** disponibiliza um arquivo formato .DOC que serve de *template* com instruções e exemplificações e estilos detalhados para escrever o artigo. [Baixe o modelo aqui](#).