

# Um marco na escola brasileira da não-individualidade quântica: Resenha de Décio Krause (2024), *Introdução à Filosofia e à Lógica da Física Quântica, com ênfase nas questões da identidade e individualidade das entidades quânticas*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna

*A milestone in the Brazilian school of quantum non-individuality: Review of Décio Krause (2024), *Introduction to the Philosophy and Logic of Quantum Physics, with an emphasis on issues of identity and individuality of quantum entities*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna*

Raoni Arroyo<sup>[a]</sup> 

Campinas, SP, Brasil

<sup>[a]</sup> Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Jonas R. Becker Arenhart<sup>[b]</sup> 

Florianópolis, SC, Brasil

<sup>[b]</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

[a] Pesquisador pós-doutoral no Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência (CLE) e professor colaborador do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Bolsista do processo N° 2021/11381-1, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), e membro do Grupo de Pesquisa em Lógica e Fundamentos da Ciência (CNPq), e-mail: [raoniarroyo@gmail.com](mailto:raoniarroyo@gmail.com)

[b] Professor do Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), professor colaborador no Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), coordenador do grupo de pesquisa em Lógica e Fundamentos da Ciência (CNPq), e-mail: [jonas.becker2@gmail.com](mailto:jonas.becker2@gmail.com)

**Como citar:** ARROYO, Raoni; ARENHART, Jonas R. Becker. Um marco na escola brasileira da não-individualidade quântica: Resenha de Décio Krause (2024), Introdução à Filosofia e à Lógica da Física Quântica, com ênfase nas questões da identidade e individualidade das entidades quânticas. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna. *Revista de Filosofia Aurora*, Curitiba: Editora PUCPRESS, v. 37, e202532791, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/2965-1557.037.e202532791>

## Resumo

Nesta resenha, apresentamos o mais recente livro do filósofo Décio Krause, um dos mais importantes autores em filosofia da física. Krause é o principal representante do que denominamos ‘escola brasileira da não-individualidade quântica’. Juntamente com a apresentação do livro, tecemos alguns comentários acerca de temas discutidos por Krause no livro, como a metafísica da não-individualidade e o anti-excepcionalismo lógico, e sua relação com lógicas não-clássicas, focando na concepção metafísica do autor.

**Palavras-chave:** filosofia da mecânica quântica; não-individualidade, lógicas não-clássicas.

## Abstract

*In this review, we present the latest book by philosopher Décio Krause, one of the most important authors in the philosophy of physics. Krause is the leading representative of what we call the ‘Brazilian school of quantum non-individuality’. Along with introducing the book, we offer some comments on topics discussed by Krause, such as the metaphysics of non-individuality and logical anti-exceptionalism, as well as their relation to non-classical logics, focusing on the author’s metaphysical perspective.*

**Keywords:** philosophy of quantum mechanics; non-individuality; non-classical logics.

Para muitos filósofos da ciência, a mecânica quântica pode ser vista como um *campo de testes* para doutrinas filosóficas: grande parte dos conceitos que usamos para entender e explicar o mundo quotidiano aparentemente deixa de funcionar quando são aplicados no caso da mecânica quântica. Conceitos como os de objeto físico e de trajetória contínua, nossas concepções sobre o que significa para algo instanciar uma propriedade e a própria noção de causalidade são problematizadas ao extremo pela teoria. Ao colocar em xeque esses conceitos, a mecânica quântica traz também seu enorme sucesso empírico, que parece pedir por uma explicação. No entanto, explicar o funcionamento da mecânica quântica é uma tarefa dificultada pela limitação dos conceitos usuais de que dispomos para tal. Esse debate, bem conhecido da literatura, usualmente inicia suas investigações partindo do famoso “problema da medição” e desemboca diretamente nas discussões das — igualmente famosas — ‘interpretações da mecânica quântica’ (para uma introdução amigável sobre esses temas, ver também Arroyo 2024).

Dois conceitos que poderiam ser aparentemente não relacionados com a mecânica quântica também entram nessa lista, *a identidade e a individualidade*. Esses dois conceitos já são filosoficamente problemáticos sem a intervenção da mecânica quântica, mas a teoria leva as dificuldades relacionadas para um novo patamar. O principal imbróglio costuma ser ilustrado muito simplesmente com um apelo às estatísticas quânticas, em oposição às estatísticas clássicas. Para simplificar, vamos considerar dois objetos, *a* e *b*, que devemos distribuir em dois estados, A e B. Parece óbvio que temos exatamente *quatro* opções para a distribuição:

1. ambos *a* e *b* em A;
2. ambos *a* e *b* em B;
3. *a* em A e *b* em B;
4. *b* em A e *a* em B.

As situações 3 e 4 diferem apenas pelo fato de *a* e *b* trocarem de lugar na distribuição. Se considerarmos dois bósons, um dos tipos de partícula quântica, as opções mudam:

1. ambos *a* e *b* em A;
2. ambos *a* e *b* em B;
3. um deles em A e um deles em B.

As opções 3 e 4 viram uma só. Isso é explicado assim: na mecânica quântica, permutar partículas do mesmo tipo não gera uma nova situação. Ou seja, trocar *a* com *b* quando temos uma partícula em cada estado não muda o estado; *não faz nenhuma diferença física* determinar qual partícula está em qual estado, nesse caso.

A explicação que alguns dos físicos que ajudaram a criar a mecânica quântica deram para isso foi ousada. Partículas quânticas podem ser permutadas sem gerar diferenças físicas, em oposição ao que ocorre com partículas clássicas, porque as partículas quânticas perderam sua identidade, não faz sentido falar sobre ‘a mesma’ partícula ou partículas ‘diferentes’ nesse caso. Elas são tão iguais em tudo (ou seja, são qualitativamente indistinguíveis) que nenhuma qualidade as pode diferenciar. Com isso, deixa de fazer sentido falar sobre a individualidade das partículas, sobre o que as tornaria únicas e faria com que diferenças fossem percebidas nas permutações. A mecânica quântica seria uma ‘terra do anonimato’, como dizem Dalla Chiara e Toraldo di Francia, já que sem individualidade não faz sentido dar um nome para uma partícula quântica.

Explorar esses assuntos faz parte do trabalho do filósofo da mecânica quântica. O livro recém-publicado por Décio Krause — certamente um dos maiores especialistas sobre o tema —, foca precisamente nas questões de identidade e individualidade, sendo uma muito bem-vinda introdução ao assunto escrita diretamente em nossa língua. É um material talhado para quem estiver interessado em adentrar nas discussões sobre problemas metafísicos da identidade e individualidade em mecânica quântica e está disposto a encarar uma dose de pressupostos formais onde os básicos do aparato matemático são apresentados e discutidos. O estilo de filosofia proposto por Krause, apesar de focar nas questões metafísicas, requer que todos os conceitos centrais sempre venham acompanhados de uma discussão formal, na qual o formalismo tem o papel de buscar captar as teses metafísicas e dar suporte para a formulação de teses e problemas filosóficos. Com isso, os aparatos matemáticos apresentados não são um mero acessório, mas sua compreensão e discussão fazem parte do problema e de suas eventuais respostas.

Esse cuidado com os aspectos formais é importante. Há uma ampla gama de problemas da mecânica quântica que podem ser conhecidos sem que se tenha a necessidade de entrar em formulações matemáticas sofisticadas. Todavia, uma compreensão profunda dos problemas, e a própria possibilidade de os discutir com a profundidade exigida para um debate filosófico frutífero é algo que só pode ser alcançado com algum grau de domínio sobre o formalismo da teoria. Essa é, como dissemos, uma das bandeiras levantadas nesse livro, e a primeira parte (aproximadamente metade do livro) se concentra em oferecer ao leitor o aparato matemático mínimo para que se compreenda como funciona a mecânica quântica não relativista.

O texto começa delineando uma concepção geral sobre o funcionamento de teorias científicas e sua relação com a realidade. Esse panorama desempenha papel fundamental na proposta positiva acerca da não individualidade quântica oferecida no livro. Em linhas gerais, uma teoria pode começar buscando dar conta de nossa experiência, e isso inclui sua formulação matemática, que pode ter vínculo com a experiência. Na medida em que uma formulação da teoria passa pelo processo de axiomatização, onde seus pressupostos são completamente explicitados, temos um grau de independência da experiência que nos permite tratar dos *fundamentos* da teoria, ela se torna um objeto independente. Em particular, podemos investigar modelos não pretendidos, e podemos investigar a base lógica da teoria, *i.e.* se uma mudança da lógica subjacente pode gerar frutos interessantes. É nesse contexto que a proposta original do livro vai focar, ou seja, na ideia de que podemos fundamentar a mecânica quântica em uma matemática não padrão (em que o padrão seria a matemática construída sobre a teoria dos conjuntos ZFC). Essa fundamentação alternativa, claro, vai servir a propósitos filosóficos.

Depois de expor alguns dos elementos experimentais que estão na base da mecânica quântica e suas estranhezas, como as estatísticas quânticas e o experimento de Stern–Gerlach, o texto passa para uma introdução ao aparato matemático com o qual a teoria é formulada mais frequentemente, o formalismo de espaços de Hilbert. Esse é o capítulo mais longo do livro. Praticamente todas as definições importantes que são necessárias para apresentar o formalismo são introduzidas cuidadosamente, e a conexão com a mecânica quântica não é perdida de vista. Exercícios de diferentes níveis de dificuldade são apresentados, que contribuem para a fixação de alguns conceitos e para que se chame a atenção do leitor para aspectos importantes do formalismo. Esse capítulo serve como uma excelente introdução ao aparato matemático da mecânica quântica para qualquer curso voltado para filósofos que queiram conhecer com mais rigor a teoria e sua contraparte matemática. O nível de dificuldade dos exercícios varia, como dissemos, com alguns desafios bastante sofisticados exigindo pesquisa adicional.

Na continuação, e já apontando para os interesses específicos do livro, são discutidos os fundamentos da matemática da mecânica quântica (os espaços de Hilbert), ou seja, a teoria de conjuntos Zermelo–Fraenkel com átomos (ZFA). A teoria ZF com átomos também é apresentada com algum detalhe acerca de seus fundamentos e de como se desenvolve parte importante da teoria dos cardinais e ordinais. Além disso, encontramos uma discussão acerca de como se usar a teoria dos conjuntos para discutir a axiomatização de teorias científicas através do método de Patrick Suppes, que também é apresentado (os chamados ‘predicados de Suppes’). Ambos os tópicos (ZF e predicados de Suppes), estão intimamente conectados, e formam um capítulo importante da filosofia da ciência em geral. Aqui se fecha o círculo com o capítulo introdutório e discussão da noção de teoria. Uma formalização da mecânica quântica em ZF com átomos nos permite não apenas estudar os modelos da teoria, no sentido conjuntista, mas também passar para uma consideração mais profunda acerca do papel da matemática de fundo (a matemática e lógica que se usam na formulação da teoria) na consideração acerca dos tipos de entidades com as quais a teoria deverá tratar.

Esse impacto será explorado na segunda parte do livro, que fará uso do pano de fundo introduzido na primeira parte, principalmente da exposição dos pressupostos matemáticos da formulação usual da mecânica quântica. Começando com uma discussão acerca das consequências das estatísticas quânticas para a individualidade e identidade, como esboçamos acima, alguns dos conceitos centrais para o debate são introduzidos, como os conceitos de indivíduos e de entidades relacionais. *Indivíduos* são entendidos como objetos que satisfazem precisamente o princípio da identidade da lógica clássica, que está na base do formalismo quântico. Isso faz com que a matemática e a lógica tornem indivíduos todas as entidades com as quais elas tratam, ao mesmo tempo que as estatísticas quânticas parecem falar algo diferente. *Não-indivíduos*, claro, são entidades que não satisfazem o princípio da identidade, e a ideia original de que a identidade perde o sentido para estas entidades é captada através dessa falha, não podemos sequer expressar que certas entidades são iguais ou diferentes. *Relacionais* são entidades que estão no meio do caminho entre indivíduos e não-indivíduos: não podem ser distinguidos de outras entidades por propriedades que possuam, mas podem (é o que se alega) ser distinguidos através de relações. Assim, um elétron poderia ser distinguido de outro elétron através da relação ‘ter spin oposto a’, pois nenhum elétron tem spin oposto a si mesmo. Essa distinguibilidade por relações não nos permitiria apresentar alguma propriedade física que fizesse a distinção de maneira mais forte, de modo que apenas relações fazem esse papel. A literatura atual enfrenta uma espécie de tricotomia acerca do estatuto metafísico das entidades quânticas: seriam indivíduos, não-indivíduos ou relacionais?

O problema com relacionais, segundo Krause, é que na medida em que estamos representando as entidades quânticas em uma teoria de conjuntos usual como ZFA, simplesmente não os podemos ter. Baseando-se na apresentação da mecânica quântica e de ZFA na parte inicial do livro, e no fato de que podemos construir a teoria através de um predicado de Suppes usando ZFA, Krause argumenta que o princípio da identidade clássica já se faz presente, o que obriga a uma distinção mais forte do que meramente relacional: se de fato entidades  $a$  e  $b$  são diferentes, pela contrapositiva do axioma da extensionalidade (de ZFA), deve haver algum conjunto que tenha  $a$  como elemento, mas não tenha  $b$ , ou vice-versa. O que são conjuntos? De um ponto de vista extensional, representam propriedades. Isso indica que existe, sempre, uma propriedade para distinguir (e portanto, conferir individualidade para) as partículas quânticas em ZFA. As lições metafísicas da teoria seriam contraditas pelas possibilidades formais da matemática subjacente.

Assim, se quisermos captar aquilo que as estatísticas quânticas nos indicam, devemos buscar um formalismo mais apropriado, que não faça tudo indivíduo desde o começo.

A dificuldade é enfrentada pelo desenvolvimento da *teoria de quase-conjuntos*, uma teoria que representa mais adequadamente a falta de individualidade das entidades quânticas através da falta de identidade. Literalmente, expressões da forma ' $a = b$ ' não estão definidas para determinados tipos de termos, aqueles que devem representar as entidades quânticas. Na medida em que a teoria tradicional da identidade representa a individualidade pelo fato de permitir que uma fórmula como  $a = a$  sempre seja demonstrada, a teoria de quase-conjuntos capta a não-individualidade ao barrar essa expressão como fórmula legítima. O formalismo é apresentado e motivado na mecânica quântica e no desejo de uma compreensão mais profunda do funcionamento das estatísticas quânticas. Os axiomas da teoria de quase-conjuntos são apresentados e discutidos com algum detalhe. Essa apresentação ainda abre o campo para problemas importantes que uma formulação formal de uma teoria de não-indivíduos em termos de quase-conjuntos deve enfrentar. Algumas das dificuldades enfrentadas na formulação da teoria, como a atribuição de cardinais para coleções de objetos sem identidade, são discutidas, e apesar de algumas soluções serem oferecidas, o tema fica aberto para novas pesquisas. Por fim, com base na teoria de quase-conjuntos, um novo formalismo para a mecânica quântica é apresentado, um formalismo de espaços de Fock que faz uso essencial da falta de identidade das entidades quânticas. Pode-se dizer que a metafísica de não-indivíduos acaba por oferecer uma nova fundamentação da mecânica quântica, quando é entendida em termos de quase-conjuntos.

A abordagem da mecânica quântica fundamentada em sistemas formais não-reflexivos tem sido denominada por alguns autores como 'Escola Brasileira' (de Ronde, Domenech e Freytes, s.d.). Essa perspectiva também recebeu o nome de 'Escola Brasileira de Filosofia da Física' (Krause, 2022). No entanto, talvez a designação mais precisa seja 'Escola Brasileira da Não-Individualidade Quântica' (para uma visão geral de outras abordagens, ver Arroyo, Arenhart e Krause, 2023).

Uma das dificuldades discutidas associadas a uma teoria de quase-conjuntos trata de como entender a falha da identidade. O princípio da identidade, segundo o qual tudo é idêntico a si mesmo, parece um dos mais difíceis de se abandonar. Mesmo em sistemas de lógica não-clássica, como as lógicas paraconsistentes e as lógicas paracompletas, que violam as leis de explosão e lei do terceiro excluído, respectivamente, a lei da identidade permanece. Influenciado pela proposta pioneira feita por da Costa (1994; cuja primeira edição data de 1979), Krause (2024, p. 166) sugere que há uma similaridade nas situações, e que em princípio nenhuma lei lógica tradicional é irrevogável. Violar o princípio de identidade, como fazem as teorias de quase-conjuntos, é apenas um passo adiante nesse movimento. Apesar de haver, de fato, semelhanças entre teorias de quase-conjuntos e outros tipos de lógicas não-clássicas, como as lógicas paraconsistentes e as intuicionistas, há uma importante diferença, que parece não ter sido discutida na literatura ainda. O fato é que ao apresentar uma lógica paraconsistente, ou paracompleta, o que fazemos é apresentar uma semântica onde as leis que são nossos alvos, explosão e terceiro excluído, não são satisfeitas. Com isso, essas leis deixam de ser fórmulas válidas ou inferências válidas nesses sistemas. O mesmo não acontece com a teoria de quase-conjuntos e lógicas não-reflexivas em geral (lógicas violando o princípio da identidade): nesses casos, a restrição é sintática, na descrição do funcionamento da linguagem do sistema. Simplesmente somos impedidos de expressar certas fórmulas, mas, ao contrário do que ocorre com lógicas paraconsistentes e paracompletas, não temos uma semântica com contra-modelos para as fórmulas indesejadas. Isso pode se dever ao fato de que a própria semântica das lógicas não-reflexivas não está completamente desenvolvida e

se encontra envolta em algumas dificuldades (ver a discussão em Bueno 2014, 2023; Krause e Arenhart, 2019).

Os três últimos capítulos tratam de temas não diretamente relacionados com a noção de identidade e individualidade. Na discussão sobre o papel da verdade em física, retornamos novamente para a concepção inicial do autor acerca da forma como teorias se conectam com a suposta realidade que elas descrevem. A noção de verdade proposta por Tarski é discutida e suas limitações para o caso da física são também apresentados. Uma possível flexibilização é alcançada com a teoria da verdade pragmática oferecida por Newton da Costa e colaboradores, conhecida também como a *quase-verdade*. Apesar de ser mais promissora, mesmo a quase-verdade é vista como apresentando limitações em alguns casos.

O penúltimo capítulo trata da lógica quântica propriamente dita, conforme estudada na literatura de lógica quântica. O nome '*lógica quântica*' de fato denota uma álgebra obtida dos espaços de Hilbert, e os fundamentos matemáticos de tal estrutura algébrica são apresentados cuidadosamente. Discussões acerca de como ela difere da álgebra da mecânica clássica, e de modo mais controverso, como a lógica pode ser empírica, são esboçadas.

Por fim, o livro termina com uma excelente discussão acerca de propostas para uma lógica da complementaridade. A noção de complementaridade é um tema fundamental em qualquer abordagem da mecânica quântica, e o texto faz uma exposição historicamente informada muito interessante. Basicamente, Bohr sustentava que existem aspectos incompatíveis da descrição da realidade que são ambos necessários para uma descrição completa, mas que são também excludentes. O exemplo clássico é o caso da dualidade onda-partícula. Precisamos, para descrever um experimento como o das duas fendas, de uma descrição em termos de entidades como partículas e em termos de ondas. Ambos os conceitos não podem descrever completamente a situação, não podem ser usados ao mesmo tempo, mas parecem ser necessários para a compreensão do fenômeno. Não podemos afirmar que algo é onda e partícula ao mesmo tempo, pois esses modos de descrição são incompatíveis. Isso gera uma restrição na lógica clássica, que sempre permite a conjunção com sentido de quaisquer duas proposições. Sistemas alternativos são discutidos, e uma gama de problemas interessantes fica em aberto.

As discussões da lógica quântica e da lógica da complementaridade se conectam diretamente com as discussões sobre individualidade e quase-conjuntos na medida em que sugerem que a nossa escolha de lógica deve ser orientada por características do mundo empírico. Ou seja, Krause parece defender a ideia — hoje chamada de 'anti-excepcionalismo lógico' (ver da Costa e Arenhart, 2018) — de que a lógica não é *a priori*, necessária para todos os domínios. Mas, antes, deve ser relativa a diferentes domínios, que lhe fazem diferentes exigências.

No que diz respeito a esse anti-excepcionalismo lógico, Krause parece compartilhar das ideias do 'jovem' Hilary Putnam (1964) segundo a qual a lógica quântica deve substituir a lógica clássica — ao menos no que diz respeito ao escopo da mecânica quântica (ver, em especial, Krause 2024, p. 147). Essa posição diz que, dentre outras coisas, os conectivos de conjunção, disjunção e negação deveriam ser substituídos pelas suas contrapartidas 'quânticas'. Krause não compartilha, no entanto, da motivação filosófica que moveu Putnam, a saber, que a lógica quântica poderia solucionar o problema da medição — lembremos, Krause não chega a abordar o problema da medição com profundidade nesse livro. O próprio Putnam abandonou essa ideia em seus escritos do século XXI (para um panorama, ver Maudlin, 2022), e há quem diga que a 'a

lógica da mecânica quântica' é a lógica clássica, sendo a lógica quântica uma 'sublinguagem física' dentro da própria mecânica quântica (ver Dalla Chiara, 1981, p. 337).

O mesmo não vale para a teoria dos quase-conjuntos. Krause insiste que a matemática usada para formalizar a mecânica quântica deve ser uma na qual o princípio de identidade não tenha, desde o início, validade irrestrita. Só assim a metafísica de não-indivíduos — que o autor considera ser uma das grandes lições da mecânica quântica — pode ser preservada. E essa mesma metafísica, segundo Krause, é requerida para que possamos dar sentido à absoluta indistinguibilidade de sistemas quânticos sob certas circunstâncias físicas, conforme expusemos no início. Krause (2024, pp. 165–166) é explícito sobre isso, quando admite que os átomos da teoria de quase-conjuntos *podem* ser interpretados como indivíduos, mas que isso não coaduna com a metafísica pretendida, que é de não-indivíduos.

A linha condutora por trás desses problemas é a máxima de que o trabalho filosófico irá se beneficiar de um tratamento formal através da elaboração de sistemas de lógica. O livro faz uma discussão excelente desse tipo de problema, guiando o leitor não apenas na compreensão dos problemas, mas também na forma como esses problemas são discutidos formalmente. Este livro, reiteramos, é um marco na filosofia da não-individualidade quântica, uma obra singular que não encontra equivalente em nenhum outro idioma. É um privilégio termos acesso a um material tão único em nossa língua materna.

## Referências

- ARROYO, R. *Consciência e mecânica quântica: uma abordagem filosófica*. São Paulo: LF Editorial, 2024.
- ARROYO, R.; ARENHART, J. R. B.; KRAUSE, D. The elimination of metaphysics through the epistemological analysis: lessons (un)learned from metaphysical underdetermination. In: AERTS, D.; ARENHART, J. R. B.; DE RONDE, C.; SERGIOLI, G. (org.). *Probing the meaning of quantum mechanics: probability, metaphysics, explanation and measurement*. Londres: World Scientific, 2023. p. 259–277.
- BUENO, O. Why identity is fundamental. *American Philosophical Quarterly*, v. 51, p. 325–332, 2014.
- BUENO, O. Identity and quantification. In: ARENHART, J. R. B.; ARROYO, R. (org.). *Non-reflexive logics, non-individuals, and the philosophy of quantum mechanics*. Cham: Springer, 2023. p. 179–190.
- DA COSTA, N. C. A. *Ensaio sobre os fundamentos da lógica*. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1994.
- DA COSTA, N. C. A.; ARENHART, J. R. B. Full-blooded anti-exceptionalism about logic. *Australasian Journal of Logic*, v. 15, n. 2, p. 362–380, 2018.
- DALLA CHIARA, M. L. Logical foundations of quantum mechanics. In: AGAZZI, E. (org.). *Modern logic—a survey: historical, philosophical and mathematical aspects of modern logic and its applications*. Dordrecht: Springer, 1981. p. 331–351.
- DE RONDE, C.; DOMENECH, G.; FREYTES, H. Quantum Logic. The Internet Encyclopedia of Philosophy. Disponível em: <https://iep.utm.edu/qu-logic/>. Acesso em: 28 dez. 2024.
- KRAUSE, D. A Brazilian Southern School in the Philosophy of Physics: Identity, Indistinguishability, and Individuality in Quantum Theories. *Edukacja Filozoficzna*, v. 74, p. 101–123, 2022.
- KRAUSE, D. *Introdução à Filosofia e à Lógica da Física Quântica, com ênfase nas questões da identidade e individualidade das entidades quânticas*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2024.
- KRAUSE, D.; ARENHART, J. R. B. Is identity really so fundamental? *Foundations of Science*, v. 24, p. 51–71, 2019.
- MAUDLIN, T. The Labyrinth of Quantum Logic. In: CONANT, J.; CHAKRABORTY, S. (org.). *Engaging Putnam*. Berlim: De Gruyter, 2022. p. 183–206.
- PUTNAM, H. Is Logic Empirical?. In: COHEN, R. S.; WARTOFSKY, M. W. (org.). *Boston Studies in the Philosophy of Science: Proceedings of the Boston Colloquium for the Philosophy of Science 1966/1968*. Dordrecht: Springer, 1969. p. 216–241.

**Editores responsáveis:** Léo Peruzzo Júnior e Jelson Oliveira.

RECEBIDO: 09/04/2025

APROVADO: 11/04/2025

PUBLICADO: 02/05/2025

RECEIVED: 04/09/2025

APPROVED: 04/11/2025

PUBLISHED: 05/02/2025