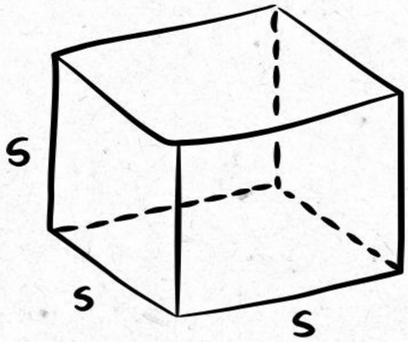
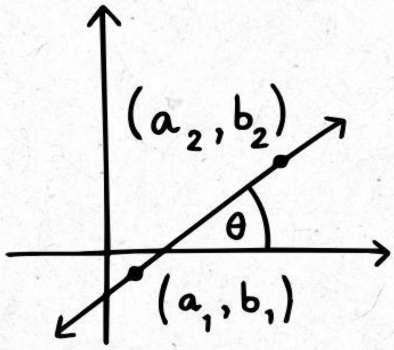
EDITORA AMPLAMENTE



$V = s^3$



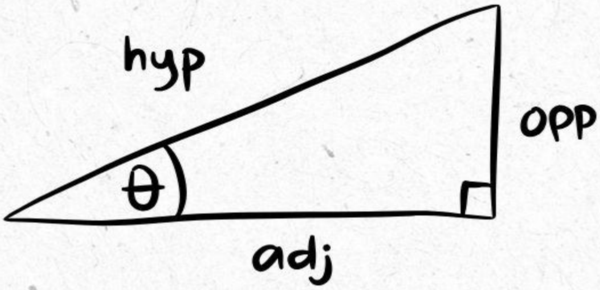
$y = mx$

$A_x = B_y + C = 0$

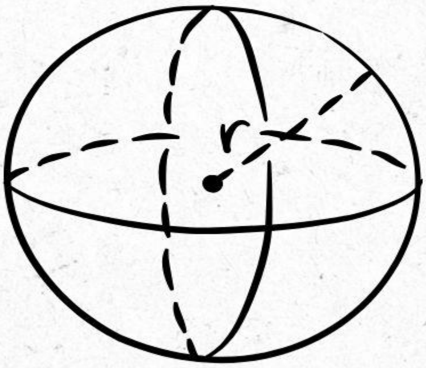
GIGANTES DA MATEMÁTICA

HISTÓRIA, TEORIAS E O LEGADO DAS MENTES QUE MOLDARAM A CIÊNCIA

- Volume 02 -



$\sin(\theta) = \frac{opp}{hyp}$



$V = \frac{4}{3}\pi r^3$

Jarde Moisés Rodrigues Silva; Rildo Alves do Nascimento; Cleber Barbosa Iack;
Carlos Daniel Chaves Paiva; Maria Aparecida de M. Amorim Sousa;
Elciete de Campos Moraes Brum; Plácido Anthony L. Martins Queiroz;
Adeilson José da Silva; Cleydiel Edmar da Silva.
(Organizadores)

GIGANTES DA MATEMÁTICA

HISTÓRIA, TEORIAS E O LEGADO DAS MENTES QUE MOLDARAM A CIÊNCIA

-Volume 2-

Organizadores

Jarde Moisés Rodrigues Silva
Rildo Alves do Nascimento
Cleber Barbosa Iack
Carlos Daniel Chaves Paiva
Maria Aparecida de Moura Amorim Sousa
Elciete de Campos Moraes Brum
Plácido Anthony Lima Martins Queiroz
Adeilson José da Silva
Cleydiel Edmar da Silva

DOI: http://dx.doi.org/10.47538/AC-2025.15

ISBN: 978-6-55321-004-2

9 786553 210042

Ano 2025

GIGANTES DA MATEMÁTICA

HISTÓRIA, TEORIAS E O LEGADO DAS MENTES QUE MOLDARAM A CIÊNCIA

-Volume 2-

Catalogação da publicação na fonte

Gigantes da matemática: história, teorias e o legado das mentes que moldaram a ciência [recurso eletrônico] / Organizado por Jarde Moisés Rodrigues Silva … [et al.]. ─ 1. ed. vol. 02. ─ Natal : Editora Amplamente, 2025.

PDF.
Bibliografia.
ISBN: 978-65-5321-004-2
DOI: 10.47538/AC-2025.15

1. Matemática - Estudo e Ensino. 2. Matemática - História. 3. Educação Básica. I. Silva, Jarde Moisés Rodrigues. II. Nascimento, Rildo Alves do. III. Iack, Cleber Barbosa. IV. Paiva, Carlos Daniel Chaves. V. Sousa, Maria Aparecida de Moura Amorim. VI. Brum, Elciete de Campos Moraes. VII. Queiroz, Plácido Anthony Lima Martins. VIII. Silva, Adeilson José da. IX. Silva, Cleydiel Edmar da. X. Título.

CDU 372.
G459

Elaborada por Mônica Karina Santos Reis CRB-15/393

Editora Amplamente
Empresarial Amplamente Ltda.
CNPJ: 35.719.570/0001-10
E-mail: publicacoes@editoraamplamente.com.br
www.amplamentecursos.com
Telefone: (84) 999707-2900
Caixa Postal: 3402
CEP: 59082-971
Natal- Rio Grande do Norte – Brasil

Declaração dos autores/ Declaração da Editora: disponível em https://www.editoraamplamente.com/ politicas-editoriais
Editora-Chefe: Dayana Lúcia Rodrigues de Freitas
Assistentes Editoriais: Caroline Rodrigues de F. Fernandes; Margarete Freitas Baptista
Bibliotecária: Mônica Karina Santos Reis CRB-15/393
Projeto Gráfico, Edição de Arte e Diagramação: Luciano Luan Gomes Paiva; Caroline Rodrigues de F. Fernandes
Capa: Canva®/Freepik®
Parecer e Revisão por pares: Revisores

Ano 2025

EDITORA AMPLAMENTE

Ano 2025

APRESENTAÇÃO

A Matemática, ao longo da história, tem sido guiada por mentes brilhantes que transcenderam seu tempo e contribuíram decisivamente para o avanço do conhecimento humano. Este segundo volume da obra *Gigantes da Matemática: História, Teorias e o Legado das Mentes que Moldaram a Ciência* dá continuidade à jornada iniciada no volume anterior, trazendo à tona outros sete matemáticos notáveis cujas ideias e descobertas moldaram profundamente a ciência moderna e a sociedade contemporânea.

Organizados cronologicamente, os capítulos deste volume exploram as trajetórias de pensadores que atuaram desde a Antiguidade até o século XX, revelando como suas contribuições impactaram áreas como a Física, a Filosofia, a Computação e a própria estrutura do pensamento lógico e matemático.

O primeiro capítulo revisita o legado de Arquimedes, considerado um dos maiores gênios da Antiguidade, cujas descobertas em geometria, hidrostática e mecânica permanecem fundamentais até os dias de hoje.

No segundo capítulo, é destacada a trajetória de Hipátia de Alexandria, símbolo de resistência intelectual e pioneira nos estudos sobre álgebra e astronomia em uma época marcada por desafios à presença feminina na ciência.

O terceiro capítulo aborda Pierre de Fermat, cuja obra no campo da Teoria dos Números e seu célebre Último Teorema desafiaram gerações de matemáticos e impulsionaram novas fronteiras na pesquisa matemática.

O quarto capítulo examina as inovações de Gottfried Wilhelm Leibniz, cofundador do Cálculo diferencial e integral, além de influente filósofo e lógico que vislumbrou uma ciência universal baseada em símbolos e raciocínio formal.

No quinto capítulo, a obra investiga a revolucionária visão de Bernhard Riemann, cujas ideias em geometria não euclidiana foram fundamentais para o desenvolvimento da Teoria da Relatividade e para a compreensão da estrutura do espaço-tempo.

O sexto capítulo dedica-se a David Hilbert, figura central no movimento formalista da Matemática e responsável por propor problemas que definiram a agenda científica do século XX.

Por fim, o sétimo capítulo apresenta a vida e a obra de Bertrand Russell, cuja atuação na lógica matemática e na filosofia influenciou profundamente o pensamento contemporâneo e a construção de bases sólidas para a Ciência da Computação.

Mais do que uma sucessão de fórmulas e teoremas, a Matemática emerge, ao longo da história, como uma linguagem universal que revela tanto as leis imutáveis da natureza quanto as inquietações e as aspirações humanas. Cada personagem desta obra não apenas solucionou problemas ou criou sistemas abstratos; eles também refletiram as grandes questões filosóficas e culturais de seu tempo, moldando e sendo moldados pelos contextos sociais, políticos e científicos em que viveram. Do rigor lógico de Hilbert à busca pela verdade de Russell, passando pela resistência de Hipátia diante da intolerância e pela intuição geométrica de Riemann que desafiou os limites da percepção humana do espaço, é possível perceber que a Matemática está profundamente entrelaçada com a condição humana e com o espírito crítico que nos impulsiona a questionar, construir e reconstruir o mundo. Assim, esta obra convida o leitor não apenas a admirar os feitos técnicos destes gigantes, mas também a refletir sobre o papel da ciência como um empreendimento humano, marcado por dilemas éticos, disputas de paradigmas e a busca incessante por sentido em um universo que nos desafia e nos fascina.

Assim, esta obra busca proporcionar ao leitor uma compreensão ampla do impacto desses gigantes da Matemática, cujas ideias seguem sendo referência e inspiração para estudiosos e pesquisadores de diversas áreas. A leitura dos capítulos pretende evidenciar como a Matemática se conecta intrinsecamente à história da humanidade, sendo um motor essencial de inovação e transformação ao longo dos séculos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

ARQUIMEDES: O GÊNIO DA ANTIGUIDADE E A ALAVANCA DO CONHECIMENTO

Cleber Barbosa Iack [1]
Rildo Alves do Nascimento [2]
Francisco Samuel Sousa Freire [3]
Fabiano da Conceição Rêgo [4]

DOI-capítulo: 10.47538/AC-2025.15-01

RESUMO: Este trabalho revisita a trajetória e as contribuições de Arquimedes de Siracusa, uma das mentes mais brilhantes da Antiguidade e figura central na história da Matemática e da ciência. Reconhecido por sua notável capacidade de unir teoria e prática, Arquimedes estabeleceu fundamentos duradouros em áreas como geometria, hidrostática e mecânica. Entre suas principais descobertas estão a célebre Lei da Alavanca e o Princípio de Arquimedes, que sustentam até hoje o entendimento físico dos fenômenos naturais. O texto explora também seu engenhoso método de exaustão, considerado um precursor do cálculo integral, demonstrando sua habilidade em resolver problemas de áreas e volumes com precisão surpreendente para sua época. Além de suas contribuições teóricas, são analisados seus inventos aplicados à engenharia militar e hidráulica, como as catapultas e as roldanas compostas, que evidenciam sua versatilidade como inventor. O texto destaca ainda a influência direta de suas ideias na obra de cientistas modernos, como Galileu e Newton, e conclui com uma reflexão sobre a atemporalidade do pensamento arquimediano e sua relevância contínua para o progresso da Matemática, da Física e da Engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Alavanca de Arquimedes. Princípio de Arquimedes. Física. Geometria.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, algumas figuras destacaram-se pela magnitude de suas contribuições ao conhecimento científico e ao progresso das civilizações. Dentre esses expoentes, Arquimedes de Siracusa ocupa posição singular no cenário da Antiguidade, sendo amplamente reconhecido como um dos maiores gênios que a humanidade já produziu. Sua obra, situada entre os séculos III e II a.C., reverbera até os dias atuais, consolidando fundamentos imprescindíveis para o desenvolvimento

1 Doutor em Estatística e Investigação Operacional. Universidade de Lisboa – ULisboa. profiack@gmail.com.
2 Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática. Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. rildo.alves23@gmail.com.
3 Mestrando em Matemática. Universidade Estadual do Piauí – UESPI. professorsamuel2010@hotmail.com.
4 Mestre em Matemática. Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP. fabianomatematica@gmail.com.

das ciências exatas e da engenharia moderna. A trajetória de Arquimedes ilustra a simbiose entre o pensamento abstrato e a aplicação prática, configurando um marco seminal no avanço da Matemática, da Física e das Ciências Naturais.

A problematização que se impõe, nesse contexto, reside na necessidade de compreender como as descobertas e teorias de Arquimedes não apenas solucionaram problemas práticos de sua época, mas também edificaram as bases epistemológicas que sustentam grande parte da ciência contemporânea. Como um pensador da Antiguidade pôde antecipar, com precisão admirável, conceitos que somente séculos depois seriam formalizados com o rigor da matemática moderna? Este questionamento orienta a presente reflexão e permite delinear o seguinte problema de pesquisa: de que maneira o legado científico de Arquimedes de Siracusa moldou o pensamento científico e tecnológico subsequente, com ênfase em suas contribuições para a Física e a Geometria?

No campo teórico, Arquimedes destacou-se por uma multiplicidade de feitos. Seja pela formulação da célebre Lei da Alavanca, pelo enunciado do Princípio de Arquimedes ou pela aplicação do método de exaustão, precursor do cálculo integral, sua obra transcendeu os limites da teoria para incidir diretamente sobre a prática tecnológica de seu tempo. Além de resolver problemas relacionados à hidrostática e à mecânica, Arquimedes demonstrou engenhosidade em suas invenções bélicas e em dispositivos mecânicos sofisticados, antecipando a noção moderna de máquinas simples (Boyer; Merzbach, 2019). Sua capacidade de sintetizar conceitos abstratos com aplicações concretas não apenas impulsionou o desenvolvimento técnico da Antiguidade, mas também influenciou profundamente o pensamento científico do Renascimento e da ciência clássica newtoniana.

Diante deste cenário, o presente capítulo propõe-se a revisitar, de modo crítico e aprofundado, a vida e a obra de Arquimedes, destacando a amplitude e a atualidade de suas contribuições. A justificativa para tal empreendimento repousa na constatação de que o estudo da trajetória de figuras paradigmáticas, como Arquimedes, não apenas enriquece a compreensão histórica da ciência, mas também inspira o pensamento contemporâneo ao evidenciar as raízes filosóficas e matemáticas do conhecimento.

O objetivo, portanto, é analisar as principais descobertas e invenções de Arquimedes de Siracusa, evidenciando sua relevância para a consolidação dos fundamentos da Física e da Geometria. Para tanto, a abordagem metodológica adotada consiste em uma pesquisa qualitativa de caráter bibliográfico e histórico, com a análise de fontes clássicas e estudos contemporâneos sobre a obra arquimediana. A partir desse percurso investigativo, busca-se não apenas resgatar a genialidade do matemático de Siracusa, mas também refletir sobre sua influência perene no cenário científico ocidental.

Assim, este capítulo inaugura uma jornada que transita entre a Antiguidade e a modernidade, iluminando as contribuições de um dos maiores ícones da história da ciência e instigando a reflexão sobre o papel de Arquimedes como alavanca do conhecimento humano.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

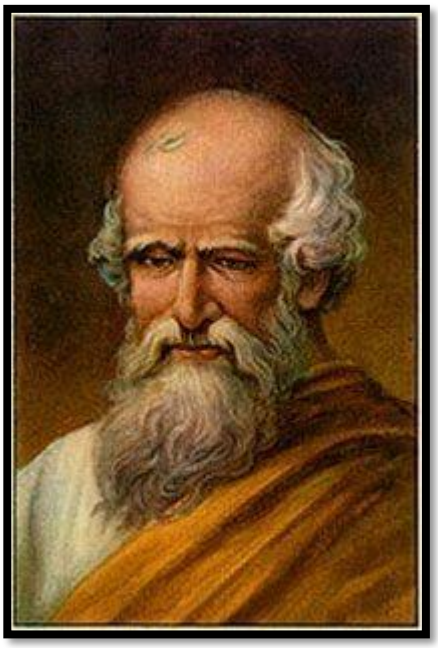
Nascido em Siracusa, cidade-estado situada na ilha da Sicília, por volta do ano 287 a.C., Arquimedes destacou-se desde a juventude como um dos mais notáveis pensadores da Antiguidade. Filho do astrônomo Fídias, teve acesso a uma formação privilegiada, provavelmente estudando em Alexandria, centro intelectual do mundo helenístico. Ali, em contato com os saberes matemáticos acumulados por Euclides e outros grandes nomes do pensamento grego, Arquimedes desenvolveu uma sólida base teórica que viria a alicerçar suas contribuições revolucionárias para a ciência e a matemática (Boyer; Merzbach, 2019).

O estudo da figura de Arquimedes de Siracusa impõe-se como uma travessia pela gênese do pensamento científico ocidental, onde se entrelaçam Matemática, Física e Filosofia Natural. Reconhecido como um dos pilares da ciência antiga, Arquimedes não se limitou à formulação teórica de princípios, mas articulou, de forma singular, a abstração matemática e sua aplicação em fenômenos concretos, antecipando um método que viria a ser consagrado pela ciência moderna.

No campo da Matemática, Arquimedes destacou-se pela elaboração de técnicas de cálculo de áreas e volumes, utilizando o que a posteriori seria identificado como o método de exaustão, uma antecipação do cálculo integral moderno. De acordo com

Boyer e Merzbach (2019), este método consistia na aproximação sucessiva de valores de áreas ou volumes por meio de figuras geométricas conhecidas, uma estratégia que, séculos depois, seria formalizada por Newton e Leibniz com o advento do cálculo infinitesimal. Arquimedes, portanto, ao desenvolver esta metodologia, não apenas ampliou as fronteiras do conhecimento geométrico da Antiguidade, mas também forjou um arcabouço que se revelaria imprescindível para a física e a engenharia nos séculos seguintes.

Figura 1: Arquimedes de Siracusa.

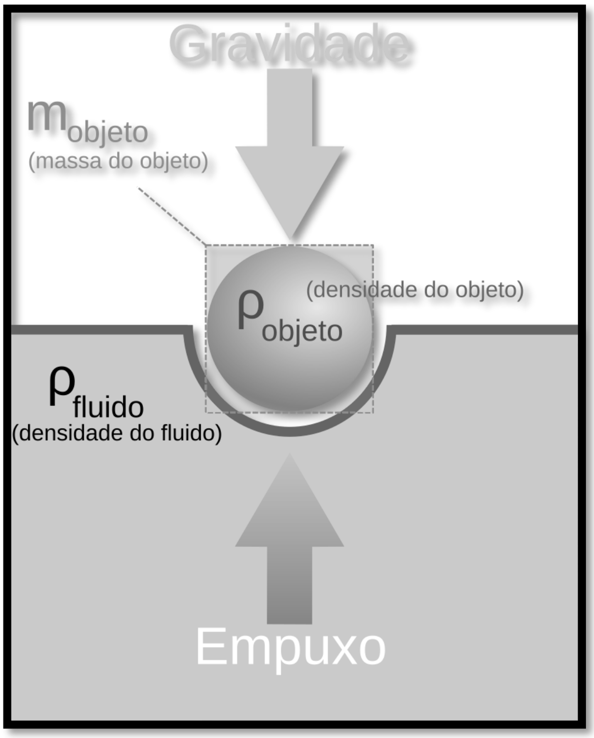


Fonte: https://www3.unicentro.br/petfisica/.

No âmbito da Física, sua contribuição é imortalizada por meio do Princípio de Arquimedes, enunciado no tratado *Sobre os Corpos Flutuantes*. Segundo Clagett (1964), este princípio estabelece que um corpo imerso em um fluido sofre uma força de empuxo vertical para cima, de intensidade igual ao peso do volume de fluido deslocado. Essa descoberta, além de revolucionar a hidrostática, ofereceu suporte teórico para diversos avanços na navegação, na engenharia naval e na mecânica dos fluidos, consolidando Arquimedes como um dos precursores da física experimental.

Outro aspecto fundamental de sua obra reside na formulação da Lei da Alavanca, enunciada na obra *Sobre o Equilíbrio dos Planos*. De acordo com Heath (2002), Arquimedes estabeleceu que com um ponto de apoio e uma alavanca suficientemente longa, é possível mover o mundo, frase emblemática que sintetiza sua compreensão profunda das leis do equilíbrio e do momento de força. Este princípio tornou-se uma das bases da mecânica clássica, sendo posteriormente integrado ao corpo teórico sistematizado por Galileu Galilei e Isaac Newton.

Figura 2: Princípio de Arquimedes.



Fonte: https://pt.wikipedia.org.

A obra arquimediana revela, ainda, uma impressionante habilidade na engenharia e na invenção de dispositivos mecânicos. Seus escritos e relatos históricos, como os de Plutarco e Políbio, registram a criação de engenhosas máquinas de guerra, tais como catapultas e sistemas de polias, além da célebre bomba espiral, conhecida como parafuso de Arquimedes, que servia para a elevação de água em regiões de difícil acesso. Como destaca Russo (2004), essas invenções não apenas evidenciam a aplicação dos princípios matemáticos e físicos dominados por Arquimedes, mas também testemunham sua engenhosidade ao transitar entre o saber teórico e a prática técnica.

Fundamentando-se nos postulados da geometria euclidiana, Arquimedes foi capaz de resolver problemas complexos de mensuração de áreas, volumes e superfícies com notável precisão, mesmo sem dispor dos instrumentos formais do cálculo infinitesimal, o qual viria a ser desenvolvido séculos mais tarde por Newton e Leibniz (Boyer; Merzbach, 2019).

Entre suas contribuições mais notáveis destaca-se o método de exaustão, técnica que consistia na aproximação de áreas e volumes por meio de figuras geométricas inscritas e circunscritas. Por esse método, Arquimedes foi capaz de determinar, por exemplo, a área do círculo, o volume da esfera e a área da parábola, estabelecendo raciocínios que antecipam o cálculo integral. Conforme destaca Heath (2002), seu método envolvia a decomposição de figuras contínuas em somas de figuras elementares, processo análogo ao conceito moderno de limite, o que o coloca como precursor do pensamento infinitesimal.

Na obra *Sobre a Esfera e o Cilindro*, Arquimedes demonstrou que o volume da esfera é equivalente a dois terços do volume do cilindro que a contém, relação que também se aplica às superfícies. Tal resultado, além de matematicamente sofisticado, foi considerado pelo próprio Arquimedes sua descoberta mais significativa — a ponto de solicitar, segundo registros históricos, que uma esfera inscrita em um cilindro fosse gravada em seu túmulo (Heath, 2002; Berlinghoff; Gouvêa, 2010).

Em seus estudos sobre o valor de π, Arquimedes obteve uma das aproximações mais precisas da Antiguidade, ao estabelecer os limites $\frac{223}{71} < \pi < \frac{22}{7}$, utilizando polígonos regulares de até 96 lados inscritos e circunscritos em uma circunferência. Tal feito, segundo (Boyer; Merzbach, 2019), demonstra não apenas seu domínio da geometria, mas também sua capacidade de desenvolver algoritmos eficientes com os recursos disponíveis em sua época.

No campo da aritmética, a obra *O Contador de Areia* (Arenarius), revela sua inquietação com a limitação dos sistemas numéricos gregos. Nela, Arquimedes propõe um sistema posicional para expressar números extraordinariamente grandes, com o intuito de calcular quantos grãos de areia caberiam no universo concebido por seus contemporâneos. De acordo com Ifrah (2000), esse tratado revela uma intuição precoce sobre o valor posicional dos números e o conceito de ordem de grandeza.

Segundo Eves (2008), a abordagem de Arquimedes não apenas demonstra sua genialidade ao lidar com quantidades astronômicas, mas também reflete uma ruptura criativa com as convenções matemáticas de sua época. Ao desenvolver um sistema para expressar números extremamente grandes, ele antecipou conceitos que só seriam formalizados séculos depois, como a noção de potências e escalas logarítmicas, evidenciando sua capacidade de transcender as limitações do pensamento grego clássico.

Eves (2008) destaca ainda que, embora Arquimedes não tenha criado um sistema posicional tão elaborado quanto o indo-arábico, sua proposta no *Arenarius* representou um avanço significativo na representação numérica. Sua metodologia, baseada em agrupamentos sucessivos e multiplicativos, revela uma sofisticação matemática que influenciaria, mesmo que indiretamente, o desenvolvimento futuro da notação científica e da aritmética moderna.

A contribuição de Arquimedes para a geometria também foi revolucionária, especialmente em seu método de exaustão, que permitia calcular áreas e volumes com precisão notável para a época. Sua abordagem, que consistia em aproximar figuras curvas por meio de polígonos com um número crescente de lados, não apenas resolveu problemas complexos, como o cálculo da área do círculo e do volume da esfera, mas também lançou as bases para o desenvolvimento do cálculo integral muitos séculos depois. Essa técnica demonstra sua habilidade única em unir rigor matemático e criatividade, consolidando seu legado como um dos maiores gênios da história da ciência (Eves, 2008).

Segundo Roque (2012), a originalidade do método de exaustão de Arquimedes reside não apenas em sua eficácia técnica, mas em sua ruptura com a abordagem puramente geométrica de seus predecessores. Ao incorporar processos de aproximação sucessiva que antecipavam o conceito de limite, ele estabeleceu uma ponte entre a matemática estática da antiguidade e o pensamento dinâmico que caracterizaria a matemática moderna, revelando uma visão profundamente inovadora para seu tempo.

Roque (2012) ressalta ainda que a genialidade de Arquimedes transcende suas descobertas específicas, manifestando-se na forma como ele articulou a matemática com questões do mundo real. Seu trabalho não se limitou a resolver problemas abstratos, mas demonstrou como o rigor teórico poderia ser aplicado a desafios concretos – desde o cálculo de volumes até a engenharia prática –, estabelecendo um paradigma de investigação científica que permanece relevante até os dias atuais. Essa integração entre pensamento matemático e aplicação prática constitui um dos aspectos mais duradouros de seu legado.

Tais feitos demonstram que a abordagem matemática de Arquimedes combinava precisão lógica, engenhosidade técnica e intuição geométrica. Seu legado permanece como um dos alicerces da matemática clássica, influenciando diretamente pensadores como Galileu Galilei e Isaac Newton, e sendo estudado ainda hoje como marco na história do raciocínio dedutivo e da epistemologia matemática.

No plano historiográfico, Arquimedes é compreendido como uma figura paradigmática da ciência helenística. Conforme salientam Netz e Noel (2007), sua obra representa um ponto de inflexão no pensamento científico, ao inaugurar uma perspectiva que busca, sistematicamente, explicar e quantificar os fenômenos naturais por meio de princípios racionais e matemáticos. Assim, Arquimedes não apenas consolidou o pensamento geométrico herdado de Euclides, mas também contribuiu para a emergência de uma nova postura científica, marcada pela valorização da experimentação e da demonstração rigorosa.

Portanto, o estudo da obra de Arquimedes transcende o simples exercício de revisitar o passado da ciência. Sua trajetória e suas descobertas, permeadas por uma profunda articulação entre teoria e prática, configuram-se como referências centrais para a compreensão das origens e da evolução da ciência ocidental. Nesse sentido, a análise de suas contribuições permite delinear um quadro mais amplo das relações entre a Matemática, a Física e a Engenharia, evidenciando a perenidade de seu legado no desenvolvimento do pensamento científico e tecnológico.

O PENSAMENTO CIENTÍFICO DE ARQUIMEDES E SUA INFLUÊNCIA NO MÉTODO CIENTÍFICO MODERNO

O legado de Arquimedes não pode ser compreendido apenas à luz das suas descobertas técnicas e matemáticas; é necessário situá-lo na dinâmica do desenvolvimento do método científico. Embora o formalismo metodológico somente viesse a ser delineado séculos depois com os trabalhos de Francis Bacon e René Descartes, os escritos e práticas de Arquimedes já esboçavam os contornos de uma abordagem científica baseada na experimentação e na racionalidade.

De acordo com Kuhn (2020), o avanço científico não ocorre de maneira linear, mas por meio de rupturas paradigmáticas e reconstruções sucessivas. Nesse sentido, Arquimedes configura-se como um dos agentes fundamentais da ciência helenística ao operar uma síntese entre dedução matemática e comprovação empírica, elementos centrais para aquilo que posteriormente seria sistematizado como método experimental.

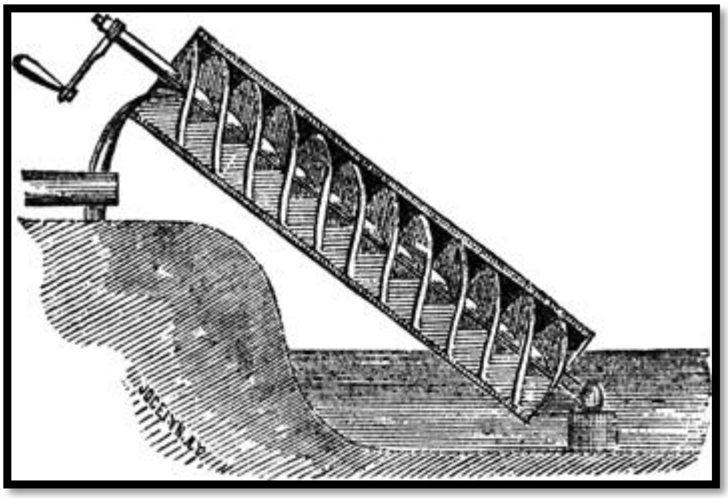
A postura de Arquimedes ao investigar os fenômenos naturais denota um distanciamento da mera especulação filosófica aristotélica, que era dominante no período, e revela uma busca por modelos explicativos sustentados em provas matemáticas rigorosas e, quando necessário, em procedimentos experimentais rudimentares, mas eficazes. Como salienta Russo (2004), ao propor a demonstração do empuxo em corpos flutuantes, Arquimedes delineou uma abordagem que integrava teoria e verificação prática, antecipando práticas que seriam amplamente exploradas por Galileu Galilei e outros expoentes da Revolução Científica do século XVII.

Outro aspecto de sua contribuição é a relação com o conceito de idealização científica, característica que perpassa o pensamento moderno. Arquimedes idealizou problemas físicos, como o comportamento de corpos em equilíbrio ou o deslocamento em fluidos, desconsiderando fatores como atrito ou resistência do meio, o que o aproxima de abordagens típicas da física clássica moderna, na qual modelos simplificados são construídos para permitir a generalização de princípios universais.

Heath (2002) aponta que os escritos de Arquimedes apresentam um rigor lógico similar ao método axiomático-dedutivo da geometria euclidiana, mas com a singularidade de aplicar tais raciocínios a fenômenos do mundo físico, algo incomum entre seus contemporâneos. Sua habilidade em combinar demonstração formal com soluções para problemas práticos estabelece um vínculo direto com a dualidade que marca o pensamento científico até os dias atuais: a busca pela compreensão dos fenômenos naturais através de leis matemáticas que se mostram aplicáveis a situações reais.

A análise de sua obra demonstra, ainda, a concepção de uma ciência utilitária, voltada não apenas para a compreensão abstrata do universo, mas também para a resolução de problemas técnicos e cotidianos. O famoso relato de suas invenções para a defesa de Siracusa ou da concepção do parafuso de Arquimedes, amplamente utilizado na irrigação agrícola e em sistemas hidráulicos até hoje, testemunham seu compromisso com uma ciência aplicada.

Figura 3: Parafuso de Arquimedes.



Fonte: https://pt.wikipedia.org.

Portanto, ao articular o raciocínio geométrico com a solução de problemas físicos e engenhos técnicos, Arquimedes estabelece uma ponte conceitual entre a ciência antiga e os fundamentos do método científico moderno. Sua obra ressoa na estrutura epistemológica da ciência ocidental, influenciando pensadores e cientistas que, ao longo dos séculos, contribuíram para a formação do modelo científico baseado em hipótese, dedução e experimentação, núcleo do saber contemporâneo.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este estudo configura-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com enfoque exploratório e bibliográfico, cujo objetivo primordial foi analisar as contribuições de Arquimedes de Siracusa para o desenvolvimento do pensamento científico e sua influência na construção do método científico moderno. A pesquisa insere-se no âmbito da História da Ciência, buscando compreender, à luz de fontes secundárias, como as descobertas e os escritos arquimedianos impactaram a evolução das ciências exatas e naturais.

Segundo Marconi e Lakatos (2017), a pesquisa bibliográfica constitui um dos pilares metodológicos mais relevantes para estudos históricos e teóricos, pois permite reconstruir criticamente o desenvolvimento de ideias a partir de fontes documentais. Neste trabalho, essa abordagem foi fundamental para analisar a obra arquimediana, combinando o exame de obras clássicas com interpretações contemporâneas, o que possibilitou uma compreensão multidimensional tanto do contexto helenístico quanto da atualidade do legado científico de Arquimedes. A metodologia empregada, seguindo esses preceitos, buscou superar a mera descrição histórica para alcançar uma análise epistemológica que revela como seus métodos anteciparam paradigmas científicos modernos.

A coleta de dados baseou-se em uma investigação literária, envolvendo a seleção criteriosa de obras clássicas e contemporâneas que abordam a trajetória e o legado de Arquimedes. Entre as fontes, destacam-se as traduções das obras originais de Arquimedes, como as compilações de Heath (2002), além de documentos históricos como os relatos de Plutarco (2011) em *Vidas Paralelas*, que contextualizam aspectos biográficos e culturais do período helenístico.

No campo das fontes secundárias, a pesquisa recorreu a estudos historiográficos de autores consagrados, como Boyer e Merzbach (2019) e Clagett (1964), os quais oferecem uma análise detalhada da produção científica de Arquimedes e de seu impacto na tradição matemática e física do Ocidente. Também foram examinadas obras contemporâneas, a exemplo de Russo (2004) e Netz e Noel (2007), que reavaliam as contribuições arquimedianas à luz de descobertas recentes, como o Códice de Arquimedes.

A análise dos dados seguiu os princípios da hermenêutica histórica, considerando o contexto sociocultural do período helenístico e a evolução do pensamento científico ao longo dos séculos. Buscou-se, assim, não apenas descrever os feitos de Arquimedes, mas também interpretar criticamente a inserção de seu legado na constituição do pensamento científico moderno.

A metodologia adotada priorizou uma abordagem dialética, relacionando as concepções científicas da Antiguidade com os paradigmas contemporâneos, permitindo uma visão mais ampla da permanência e atualidade das ideias arquimedianas. O estudo foi estruturado em etapas, que compreenderam: a) levantamento bibliográfico e documental; b) análise crítica do material coletado; c) síntese das informações à luz do referencial teórico adotado.

Por fim, a presente investigação não se propõe a esgotar a temática, mas a oferecer subsídios teóricos relevantes para futuras pesquisas que se proponham a aprofundar a relação entre a ciência clássica e as práticas científicas contemporâneas, evidenciando o caráter seminal do pensamento de Arquimedes.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

A análise realizada permitiu evidenciar a centralidade de Arquimedes como um dos pilares fundamentais na edificação do pensamento científico ocidental. Sua obra extrapola os limites da matemática e da física da Antiguidade, constituindo-se como um elo entre a ciência teórica e a aplicação prática, característica que se mantém como uma das marcas essenciais do método científico moderno.

A partir do exame das fontes secundárias, como as traduções de Heath (2002), observa-se que Arquimedes operava dentro de um paradigma que unia a abstração geométrica à resolução de problemas concretos. Sua formulação da Lei da Alavanca e do Princípio de Arquimedes ilustra a capacidade de integrar conceitos matemáticos a fenômenos físicos observáveis, antecipando a lógica das ciências experimentais que floresceriam com Galileu e Newton.

A perspectiva apresentada por Plutarco (2011) reforça o perfil do cientista que, embora profundamente imerso na especulação intelectual, não negligenciava o uso de suas descobertas em prol de finalidades práticas, como a defesa de Siracusa mediante engenhos de guerra. Essa duplicidade — teórica e aplicada — se configura como precursora de um modelo científico que se equilibra entre a investigação pura e a utilidade pragmática.

Ao contrastar as contribuições de Arquimedes com os paradigmas modernos, como sugere Kuhn (2020), percebe-se que o pensamento arquimediano antecipa uma metodologia que rompe com a tradição meramente especulativa da filosofia aristotélica, ao valorizar a demonstração empírica e o rigor matemático como formas complementares de validação do conhecimento. Arquimedes, ao empregar experimentos rudimentares para validar suas hipóteses, antecipa o modelo galileano de experimentação sistemática.

A análise dos estudos de Russo (2004) e Netz e Noel (2007), especialmente no tocante ao Códice de Arquimedes, revela ainda uma faceta menos explorada do sábio de Siracusa: sua incursão no campo da matemática avançada, com o desenvolvimento do método de exaustão, que pode ser interpretado como um precursor do cálculo integral. Essa prática demonstra a habilidade de Arquimedes em construir aproximações sucessivas para determinar áreas e volumes, estabelecendo as bases conceituais que seriam refinadas séculos depois por Newton e Leibniz.

Outra vertente que emerge da análise documental é a noção de idealização científica presente nas soluções arquimedianas para problemas de equilíbrio e hidrostática. Essa idealização — ao ignorar fatores secundários como o atrito — alinha-se com os modelos físicos modernos que, por meio da simplificação, permitem a generalização de leis universais. Tal raciocínio denota uma antecipação ao modus operandi da física clássica newtoniana e à formalização do método científico.

Portanto, ao debruçar-se sobre os escritos e feitos de Arquimedes, constata-se que sua obra fornece subsídios não apenas para a compreensão das bases da física e da matemática, mas também para a formação de uma epistemologia científica que valoriza a articulação entre racionalidade abstrata e experimentação, constituindo um arcabouço que inspira e fundamenta as práticas científicas até a contemporaneidade.

A discussão aqui proposta ratifica a tese de que Arquimedes não deve ser visto apenas como um matemático ou engenheiro da Antiguidade, mas como um arquiteto do pensamento científico, cuja influência transcende seu tempo e espaço, moldando o *ethos* das ciências naturais e exatas em sua vertente moderna.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou revisitar a trajetória intelectual de Arquimedes de Siracusa, destacando suas contribuições pioneiras à matemática, à física e, em sentido mais amplo, ao pensamento científico ocidental. A análise histórica, documental e teórica permitiu compreender que a obra arquimediana não apenas representou um ápice da ciência na Antiguidade, mas constituiu-se como um legado duradouro, cujos fundamentos reverberam até os dias atuais.

Arquimedes transcendeu as fronteiras de seu tempo ao aplicar, com rigor e originalidade, princípios matemáticos para a resolução de problemas práticos, antecipando conceitos que viriam a ser formalizados séculos mais tarde no âmbito da ciência moderna. Seu método de exaustão, as leis da alavanca e do empuxo, e suas engenhosas invenções revelam uma mente científica que operava com precisão lógica e visão prospectiva, aliando raciocínio abstrato à observação empírica — combinação que se tornaria a espinha dorsal do método científico contemporâneo.

Além disso, sua capacidade de idealizar modelos físicos, simplificar fenômenos complexos e sistematizar conhecimentos demonstra que Arquimedes foi, de fato, um precursor do pensamento racional que caracteriza a ciência moderna. Nesse sentido, sua obra permanece atual não apenas pela engenhosidade de seus resultados, mas pela forma como os obteve: por meio de uma epistemologia baseada na demonstração, na argumentação matemática e na experimentação racionalizada.

Ao resgatar a figura de Arquimedes como arquétipo do cientista e inventor, este estudo propôs lançar luz sobre o caráter seminal de suas ideias para a construção do saber científico. Sua influência, perceptível na obra de figuras como Galileu, Newton e Leibniz, reforça a necessidade de inserir sua trajetória nas discussões contemporâneas sobre a origem e os fundamentos da ciência ocidental.

Como limitação, reconhece-se que o escopo deste trabalho se concentrou em uma análise teórica. Estudos futuros poderão aprofundar o diálogo entre as concepções arquimedianas e as práticas pedagógicas na Educação em Ciências, assim como explorar o uso de suas ideias em contextos interdisciplinares e tecnológicos.

A trajetória de Arquimedes nos convida a refletir sobre a natureza atemporal do conhecimento e a dialética entre teoria e prática que permeia a história da ciência. Sua obra, situada no limiar entre a abstração matemática e a aplicação concreta, revela que os grandes avanços científicos não surgem do mero acúmulo de fatos, mas da capacidade de transcender os paradigmas de uma época. Como um farol no mar da Antiguidade, seu pensamento iluminou não apenas problemas imediatos de Siracusa, mas projetou-se através dos séculos, demonstrando que a verdadeira genialidade reside na habilidade de ver, nos grãos de areia do presente, as sementes do futuro. Essa interação entre o particular e o universal, entre o empírico e o teórico, continua a inspirar nossa busca pelo entendimento do mundo, lembrando-nos que a ciência é, acima de tudo, uma aventura humana - tão sujeita aos limites de seu tempo quanto capaz de superá-los.

Em suma, Arquimedes permanece como símbolo do entrelaçamento entre conhecimento e criatividade, razão e prática, herança e inovação. Revisitar sua obra é, portanto, não apenas um exercício de memória histórica, mas um convite à valorização das raízes do pensamento científico que sustenta o mundo contemporâneo.

REFERÊNCIAS

BERLINGHOFF, William P.; GOUVÊA, Fernando Q. **A matemática através dos tempos:** um guia fácil e prático para professores e entusiastas. Editora Blucher, 2010.

BOYER, Carl B.; MERZBACH, Uta C. **História da matemática.** Editora Blucher, 2019.

CLAGETT, Marshall. **Archimedes in the Middle Ages.** Madison: The University of Wisconsin Press, 1964.

EVES, H. **Introdução à história da matemática.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

HEATH, Thomas L. **The Works of Archimedes.** New York: Dover Publications Inc., 2002.

IFRAH, Georges. **The Universal History of Numbers:** From Prehistory to the Invention of the Computer. London: John Wiley & Sons, 2000.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 2020.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

NETZ, Reviel; NOEL, William. **The Archimedes Codex:** How a Medieval Prayer Book is Revealing the True Genius of Antiquity's Greatest Scientist. Philadelphia: Da Capo Press, 2007.

PLUTARCO. **Vidas Paralelas.** São Paulo: Annablume, 2011.

ROQUE, T. **História da Matemática:** uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

RUSSO, Lucio. **The Forgotten Revolution:** How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn. Berlin: Springer, 2004.

CAPÍTULO II

HIPÁTIA: A LUZ DA SABEDORIA NA ALEXANDRIA ANTIGA

Elciete de Campos Moraes Brum [5]
Rildo Alves do Nascimento [6]
Antonia Thayná Medeiros Lemos [7]
Gláucia Celina Tarouco Piccoli [8]

DOI-capítulo: 10.47538/AC-2025.15-02

RESUMO: Este capítulo aborda a trajetória singular de Hipátia de Alexandria, destacando-a como uma das mais notáveis figuras femininas da ciência na Antiguidade Tardia. Filha do matemático Theon, Hipátia destacou-se como filósofa, astrônoma e matemática no século IV, em meio a um cenário de crescentes tensões religiosas e políticas em Alexandria. O texto explora sua atuação como líder da Escola Neoplatônica, onde promoveu o ensino da lógica, da filosofia e das ciências matemáticas, defendendo o pensamento crítico e racional. Entre suas contribuições científicas, revisitam-se seus estudos sobre álgebra e geometria, incluindo comentários e aprimoramentos às Cônicas de Apolônio e a construção e aplicação de instrumentos astronômicos, como o astrolábio e o hidrômetro. O texto destaca a postura de Hipátia como educadora e mediadora do saber em um contexto de intolerância e conflito, o que a tornou símbolo de resistência intelectual. Por meio de uma reflexão histórica e filosófica, discute-se o legado de Hipátia como mártir do conhecimento e inspiração para a valorização do pensamento científico e da liberdade acadêmica em tempos de crise.

PALAVRAS-CHAVE: Hipátia. Alexandria. Neoplatonismo. Astronomia.

INTRODUÇÃO

A história da ciência, ao longo dos séculos, tem sido marcada por figuras que transcendem seu tempo, moldando os fundamentos do conhecimento humano e desafiando as convenções sociais e intelectuais de suas épocas. No seio da efervescente Alexandria do século IV, em meio a uma confluência de culturas, saberes e tensões políticas e religiosas, surge a imponente figura de Hipátia, cuja trajetória se imortaliza como um dos mais relevantes testemunhos da presença feminina nas ciências da

5 Mestra em Educação. Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA. elcietecmbrum.mat@gmail.com.
6 Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática. Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. rildo.alves23@gmail.com.
7 Especialista no Ensino de Ciências da Natureza e Matemática. Instituto Federal do Ceará – IFCE. antonia.lemos3@prof.ce.gov.br.
8 Especialista em educação de Ciências e Matemática. Universidade Católica de Pelotas. UCPel. piccoli.g@gmail.com.

Antiguidade. Filha de Theon, renomado matemático e astrônomo alexandrino, Hipátia não apenas herdou, mas ampliou as fronteiras do pensamento científico, destacando-se como filósofa neoplatônica, astrônoma, matemática e educadora em uma época profundamente marcada pela instabilidade e pelo sectarismo religioso.

No entanto, a despeito de sua notável produção intelectual e de sua atuação como líder da Escola Neoplatônica de Alexandria, a história de Hipátia encontra-se indissociavelmente ligada à violência e à intolerância que permeavam aquele período. A problematização que se impõe, portanto, reside em compreender como uma mulher, em um contexto de hegemonia patriarcal e de crescente hostilidade ao pensamento filosófico e científico, logrou tornar-se símbolo da liberdade intelectual e da resistência à obscuridade dogmática.

Diante deste cenário, questiona-se: de que modo a trajetória de Hipátia de Alexandria, inserida nas dinâmicas sociais, culturais e políticas da Antiguidade Tardia, contribuiu para a preservação e o avanço do pensamento científico, especialmente no campo da matemática e da astronomia, em uma época de acirramento das tensões entre razão e fé?

A literatura sobre Hipátia oferece um rico panorama de sua relevância histórica e científica. Obras clássicas, como as de Maria Dzielska (1995), retratam-na não apenas como uma exímia cientista, mas também como uma mediadora do saber em uma sociedade cada vez mais fragmentada. A tradição neoplatônica, cuja liderança Hipátia assumiu, fundamentava-se na busca pela verdade através da razão e da contemplação filosófica, princípios estes que permeavam suas aulas e escritos. Seus comentários e aprimoramentos sobre obras cânones e sua aplicação prática do saber matemático e astronômico, com a construção de instrumentos como o hidrômetro, ilustram sua contribuição ímpar à ciência da época.

A presente pesquisa propõe-se, assim, a revisitar a trajetória de Hipátia de Alexandria, buscando não apenas delinear suas contribuições no campo das ciências exatas, mas também refletir sobre sua atuação como educadora e defensora do pensamento crítico em um ambiente de crescente intolerância. Tal análise se justifica diante da necessidade de resgatar a memória histórica de mulheres que, como Hipátia, desafiaram paradigmas e, com isso, pavimentaram caminhos para a valorização do pensamento científico e da liberdade acadêmica em tempos de crise.

O objetivo deste estudo consiste em analisar, sob uma perspectiva histórica e filosófica, o legado de Hipátia enquanto símbolo de resistência intelectual, destacando sua importância para o desenvolvimento do pensamento matemático e astronômico na Antiguidade Tardia.

Para tanto, adota-se uma abordagem qualitativa de cunho histórico-interpretativo, embasada em revisão bibliográfica de obras clássicas e contemporâneas sobre o tema. A análise concentra-se na trajetória de Hipátia à luz das tensões sociais, culturais e religiosas de Alexandria no século IV, destacando suas contribuições científicas e o impacto de sua atuação como educadora e filósofa.

Deste modo, busca-se não apenas compreender a relevância de Hipátia em seu contexto histórico, mas também refletir sobre a atualidade de seu legado em tempos em que a defesa do pensamento crítico e da liberdade de expressão ainda se fazem urgentes.

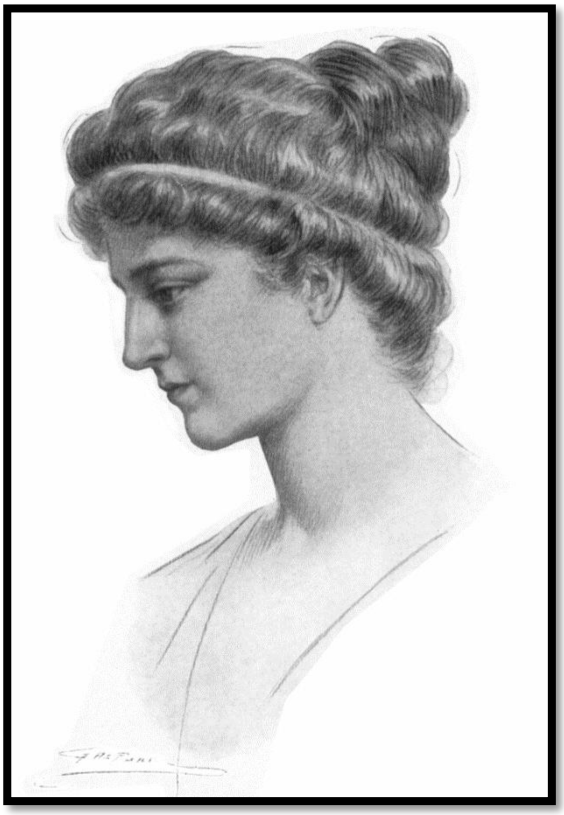
REFERENCIAL TEÓRICO

A figura de Hipátia de Alexandria constitui um marco singular na história das ciências e da filosofia, inserida em um contexto no qual a Alexandria do século IV despontava como um dos maiores centros de produção e difusão do conhecimento do mundo antigo. Fundada por Alexandre, o Grande, e consolidada sob a dinastia ptolemaica, Alexandria tornou-se sinônimo de erudição e cosmopolitismo, abrigando a célebre Biblioteca e o Museu, instituições que se configuraram como bastiões do saber helenístico (Dzielska, 1995; Haas, 2006).

Neste cenário efervescente, Hipátia destacou-se como uma das últimas representantes da tradição clássica, sendo reconhecida como uma proeminente filósofa neoplatônica, astrônoma e matemática. Sua atuação, conforme ressaltam Deakin (2007) e Watts (2017), transcendeu o campo científico, alçando-se a uma posição de liderança intelectual e política em meio a um período de crescente tensão entre as diferentes correntes religiosas que disputavam a hegemonia cultural de Alexandria.

A filosofia neoplatônica, doutrina da qual Hipátia foi exímia representante, consistia em um desdobramento crítico e espiritual da tradição platônica, enfatizando a ascensão da alma ao Uno por meio da razão e da contemplação. Plotino e Porfírio, precursores desse pensamento, influenciaram decisivamente o ambiente filosófico no qual Hipátia se formou e atuou (Dillon, 2004). Sua liderança na Escola Neoplatônica de Alexandria possibilitou a continuidade de uma tradição que, apesar de suas raízes helênicas, resistiu ao avanço do cristianismo e às pressões políticas do período.

Figura 1: Hipátia de Alexandria.



Fonte: https://pt.wikipedia.org.

Do ponto de vista científico, Hipátia foi responsável pela preservação e pelo aprimoramento de obras fundamentais da matemática grega, como *As Cônicas* de Apolônio, cuja sistematização e comentários por ela elaborados permitiram a transmissão de saberes que, mais tarde, influenciariam o florescimento da ciência no mundo islâmico e na Europa medieval (Livio, 2002). Hipátia também teria, conforme registros de fontes como Sinesio de Cirene, projetado e instruído a construção de instrumentos astronômicos de grande relevância, como o astrolábio plano, utilizado para a observação e o cálculo dos movimentos celestes, e o hidrômetro, empregado para medir a densidade de líquidos (Deakin, 2007).

Ao ocupar um espaço de poder intelectual tradicionalmente masculino, Hipátia tornou-se alvo das disputas políticas e religiosas que corroíam o tecido social alexandrino. Conforme observa Dzielska (1995), sua proximidade com altos funcionários da administração romana e sua postura laica e racionalista a colocaram em posição antagônica aos grupos cristãos mais radicais, culminando em sua trágica execução. Tal episódio, frequentemente interpretado como símbolo do obscurantismo que se abateu sobre o mundo antigo, reflete as profundas contradições entre o pensamento crítico-científico e as forças dogmáticas emergentes (Haas, 2006; Watts, 2017).

O estudo do legado de Hipátia também se insere na perspectiva historiográfica de gênero, ao evidenciar o apagamento histórico de figuras femininas na construção do saber ocidental. Autoras como Alic (2005) e Schiebinger (2001) apontam que, ao longo dos séculos, mulheres como Hipátia foram relegadas a notas de rodapé ou mitificadas de maneira a diluir sua efetiva contribuição científica. A redescoberta e valorização dessas trajetórias, portanto, consistem em importante ato de justiça epistêmica, possibilitando uma compreensão mais plural e inclusiva da história da ciência.

Dessa maneira, o referencial teórico que sustenta este estudo articula-se entre a tradição neoplatônica, a história social e política da Alexandria tardo-antiga e a crítica de gênero à história das ciências. Essa triangulação analítica permite aprofundar a compreensão sobre a figura de Hipátia não apenas enquanto cientista e filósofa, mas como símbolo da resistência intelectual e da liberdade acadêmica em tempos de crise.

CONTRIBUIÇÕES E LEGADO DE HIPÁTIA

As contribuições de Hipátia de Alexandria transcendem as fronteiras de sua época, constituindo-se como um farol do pensamento crítico e da produção científica em um período de transição cultural e religiosa. No campo da matemática, seus estudos sobre as cônicas representam um marco no aprofundamento do conhecimento sobre as seções cônicas — elipses, parábolas e hipérboles —, fundamentos que mais tarde serviriam de base para o desenvolvimento da geometria analítica por René Descartes e para as leis do movimento planetário formuladas por Johannes Kepler (Livio, 2002).

A atuação de Hipátia na elaboração, aprimoramento e ensino de instrumentos científicos, como o astrolábio e o hidrômetro, denota a estreita relação que ela estabeleceu entre teoria e prática, entre ciência pura e suas aplicações concretas à vida cotidiana e à observação astronômica. Tal perspectiva revela a amplitude de sua visão científica, atrelada à busca pela racionalidade e pela harmonia dos fenômenos naturais (Deakin, 2007). Nesse sentido, Hipátia não se limitou ao campo das abstrações matemáticas, mas buscou integrar o conhecimento à experiência empírica, demonstrando uma postura investigativa que antecipava princípios da moderna ciência experimental.

No âmbito filosófico, a filósofa consolidou-se como uma das últimas grandes representantes do neoplatonismo alexandrino, promovendo a conciliação entre o legado socrático-platônico e as urgentes demandas éticas e espirituais de sua época. A defesa intransigente do uso da razão e da dialética como ferramentas de compreensão do mundo a tornou uma educadora singular, que resistiu ao avanço do dogmatismo e da intolerância em meio à crescente cristianização de Alexandria (Dzielska, 1995).

Além de suas realizações técnicas e filosóficas, o legado de Hipátia apresenta-se como uma poderosa alegoria da resistência intelectual em face da barbárie. Sua trágica morte, produto de uma sociedade fragmentada pela intolerância e pelas disputas pelo poder, transformou-a em mártir do pensamento livre e da liberdade acadêmica. Conforme destacam Haas (2006) e Watts (2017), a memória de Hipátia foi instrumentalizada ao longo dos séculos como símbolo de diversas lutas, desde o Iluminismo até os movimentos feministas contemporâneos, que veem em sua trajetória a prova cabal do apagamento sistemático das mulheres nos campos da ciência e da filosofia.

Boyer e Merzbach (2019) destacam que Hipátia representou um elo crucial na preservação do legado matemático grego durante o declínio da Alexandria antiga. Seus comentários sobre obras fundamentais, não apenas sistematizaram conhecimentos geométricos complexos, mas também facilitaram sua transmissão para gerações posteriores. Os autores ressaltam que, embora nenhum de seus escritos originais tenha sobrevivido integralmente, sua influência é atestada por seus discípulos, cujas cartas revelam como Hipátia integrava rigor matemático e filosofia neoplatônica. Essa dupla vocação, segundo a obra, posicionou-a como figura singular em um período em que a ciência helênica começava a ceder espaço às novas estruturas de poder do mundo tardo-antigo.

Ao resgatar sua história e reafirmar sua importância na tessitura da história das ideias, este estudo reforça o papel de Hipátia como precursora do pensamento científico e crítico. Sua trajetória, para além das fronteiras geográficas e cronológicas da Alexandria do século IV, reverbera como exemplo atemporal da defesa da racionalidade, da tolerância e da autonomia do saber em contextos adversos.

Em última instância, as contribuições de Hipátia reiteram a necessidade de revisitar o passado não como um exercício de mera rememoração, mas como ferramenta para iluminar as lutas contemporâneas pela valorização da ciência, da liberdade de pensamento e da equidade de gênero nas instituições de ensino e pesquisa.

CIÊNCIA, RELIGIÃO E PODER NA ALEXANDRIA TARDIA: O CONTEXTO DO PENSAMENTO DE HIPÁTIA

A Alexandria do século IV d.C., palco da vida e obra de Hipátia, configura-se como um microcosmo das complexas dinâmicas entre ciência, religião e poder que marcaram a Antiguidade Tardia. Inserida em um cenário de efervescência intelectual e, simultaneamente, de acirramento das disputas ideológicas e religiosas, a cidade egípcia, célebre por sua biblioteca e Museu, testemunhou o choque entre o pensamento clássico greco-romano e a ascensão do cristianismo como força política e cultural dominante (Haas, 2006).

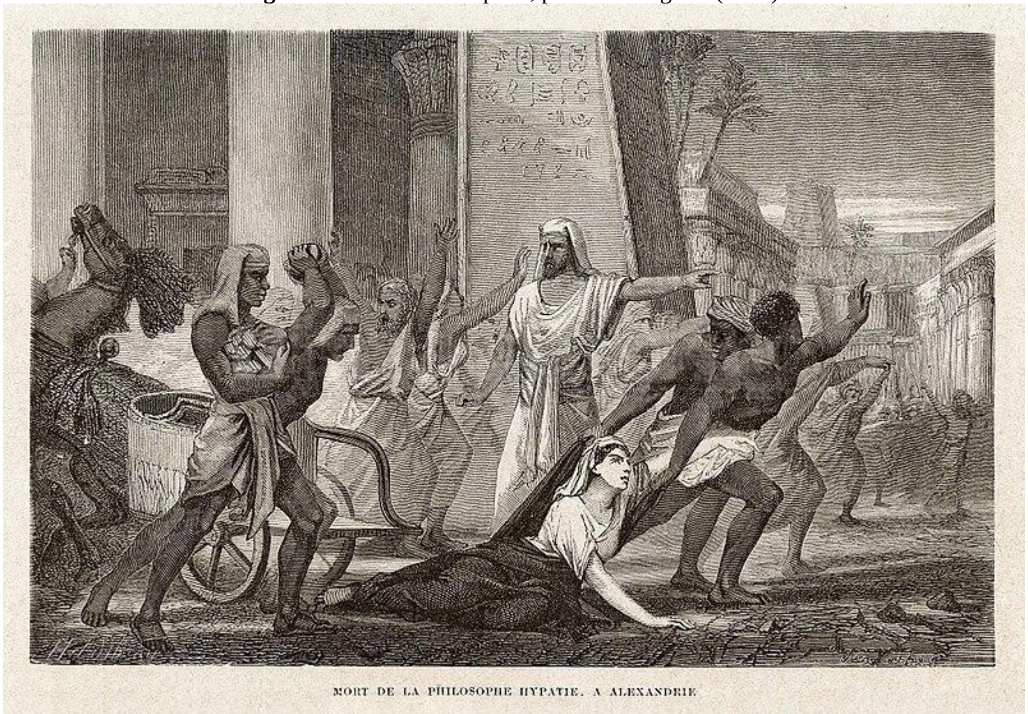
A trajetória de Hipátia se insere de maneira paradigmática nesse contexto. Enquanto figura de proa do neoplatonismo alexandrino e guardiã do saber helenístico, ela se tornou, involuntariamente, símbolo das tensões entre as tradições científicas e filosóficas do paganismo e a consolidação do cristianismo institucionalizado. Hipátia não apenas lecionava matemática, astronomia e filosofia, mas também ocupava uma posição de liderança intelectual em um espaço que começava a ser reconfigurado pela ortodoxia cristã, representada pelo poder emergente do episcopado e pela crescente intolerância a visões dissidentes (Dzielska, 1995).

Neste ambiente, o saber laico e científico tornou-se alvo de suspeitas, sendo frequentemente identificado como manifestação do paganismo e, portanto, inimigo das novas estruturas de poder. A ciência, que até então gozava de prestígio no âmbito alexandrino, passou a ser gradativamente marginalizada, cedendo espaço ao dogmatismo e às imposições religiosas que, em muitos casos, cercearam a livre circulação das ideias (Dillon, 2004).

A figura de Hipátia, ao manter-se fiel à tradição filosófica clássica e à autonomia do pensamento racional, tornou-se um obstáculo à hegemonia do pensamento único, sendo associada por seus opositores à resistência pagã e à elite aristocrática que ainda detinha poder na cidade. A sua atuação como conselheira de Orestes, governador romano de Alexandria, acentuou ainda mais as rivalidades com o patriarcado liderado por Cirilo, resultando em sua brutal execução em 415 d.C. (Watts, 2017).

A morte de Hipátia constitui um dos episódios mais simbólicos e trágicos da transição entre a cultura clássica greco-romana e a consolidação do cristianismo como força hegemônica no Império Romano do Oriente. Figura de destaque na vida intelectual alexandrina e admirada por sua erudição e retidão moral, Hipátia foi brutalmente assassinada por uma turba de fanáticos cristãos, incitados por tensões políticas e religiosas que envolviam o bispo Cirilo e o então prefeito romano Orestes. Seu assassinato, marcado por uma violência extrema — foi arrastada pelas ruas, esfolada com conchas afiadas e seus restos mortais queimados —, não apenas selou o fim de uma era de relativa liberdade acadêmica, mas também foi interpretado por muitos autores como um atentado direto contra o pensamento racional e filosófico (Dzielska, 1995).

Figura 2: A Morte de Hipátia, por Louis Figuier (1866).



Fonte: https://pt.wikipedia.org.

Diversas fontes antigas, como a de Sócrates Escolástico em sua História Eclesiástica, relatam que Hipátia foi vítima de uma conspiração político-religiosa, motivada por seu prestígio e sua influência intelectual em uma sociedade cada vez mais intolerante à diversidade de ideias. A despeito da parcialidade de certos relatos, estudiosos modernos reconhecem na sua morte um ponto de inflexão simbólico, representando o eclipse da tradição helênica e o avanço de uma ortodoxia cristã que buscava eliminar vozes dissidentes. Como observa Maria Dzielska (1995), Hipátia tornou-se, ao longo dos séculos, não apenas um ícone da ciência e da filosofia, mas sobretudo uma mártir do conhecimento, cuja execução violenta ecoa como advertência sobre os perigos da intolerância ideológica e da fusão entre poder político e fanatismo religioso.

A partir deste panorama, observa-se que a morte de Hipátia transcende o assassinato de uma pensadora: simboliza o declínio de uma era marcada pela valorização da razão e do debate filosófico plural. A partir dela, torna-se possível interpretar como a articulação entre religião e poder político impôs limites ao florescimento do conhecimento científico em determinados períodos históricos, fenômeno que seria recorrentemente revisitado nas crises subsequentes entre fé e razão ao longo da Idade Média (Schiebinger, 2001).

Nessa mesma direção, Fernandez, Amaral e Viana (2019) destacam que Hipátia, além de suas contribuições científicas, era reconhecida por sua eloquência como palestrante e por sua filiação ao neopitagorismo e ao neoplatonismo. Sua reputação como professora de Matemática atraía tanto aristocratas pagãos quanto cristãos, e sua postura imparcial e racional gerou admiração, mas também inveja e conflitos políticos. Apesar de não professar hostilidade ao cristianismo, sua defesa intransigente do racionalismo grego e sua influência como conselheira de Orestes a tornaram alvo de acusações infundadas, culminando em seu trágico assassinato. Sua morte, narrada em versões distintas, simbolizou não apenas o fim de uma era para a matemática grega, mas também o colapso de um ideal de convivência entre razão, política e fé.

Portanto, estudar Hipátia no contexto da Alexandria tardia significa compreender, de maneira ampliada, os embates perenes entre o saber crítico e as forças que buscam restringi-lo, seja por razões ideológicas, políticas ou religiosas. Seu exemplo convida à reflexão acerca da necessidade de se preservar, em qualquer época, a autonomia da ciência e o pluralismo intelectual como pilares indispensáveis à construção de uma sociedade democrática e emancipada.

METODOLOGIA

Este estudo se insere no âmbito das pesquisas de caráter qualitativo e histórico-interpretativo, tendo como principal enfoque a análise documental e bibliográfica acerca da trajetória de Hipátia de Alexandria. A natureza qualitativa da investigação justifica-se pela busca de uma compreensão profunda e contextualizada do fenômeno histórico, interpretando as ações e o legado da personagem a partir das complexas inter-relações socioculturais e filosóficas que caracterizaram a Alexandria da Antiguidade Tardia.

A presente investigação ancora-se na hermenêutica histórica como abordagem metodológica, na medida em que se propõe a interpretar os significados construídos em torno da figura de Hipátia de Alexandria a partir do entrecruzamento entre o passado e o presente. Tal perspectiva, conforme Hans-Georg Gadamer, reconhece que toda compreensão histórica está imersa em um horizonte de expectativas que resulta da fusão entre a tradição e a consciência do intérprete. A história, assim, não é meramente reconstituída, mas compreendida por meio de um processo dialógico que considera os sentidos atribuídos aos eventos e personagens ao longo do tempo, levando em conta suas ressignificações e apropriações culturais (Gadamer, 1999). Nesse contexto, o estudo de Hipátia ultrapassa o relato factual de sua vida e morte, constituindo-se em objeto de análise crítica sobre as relações entre saber, poder e intolerância, permitindo, por meio da hermenêutica, a emergência de novas compreensões sobre sua permanência simbólica na história da ciência e da filosofia.

Objetiva-se interpretar os registros à luz do contexto em que foram produzidos, sem desconsiderar as múltiplas leituras possíveis advindas da contemporaneidade. Nesse sentido, a pesquisa recorreu a fontes secundárias. As fontes secundárias consistiram em obras historiográficas modernas que problematizam e reinterpretam a trajetória de Hipátia, como Dzielska (1995), Deakin (2007) e Watts (2017), bem como estudos sobre a Alexandria tardia e o neoplatonismo.

O procedimento metodológico adotado envolveu três etapas fundamentais. Primeiramente, realizou-se a seleção criteriosa do corpus documental, priorizando-se textos e estudos reconhecidos pela solidez acadêmica e pela consistência historiográfica. Em seguida, procedeu-se à análise crítica dos dados coletados, estabelecendo-se correlações entre o pensamento de Hipátia, suas contribuições científicas e filosóficas, e o ambiente de tensões sociopolíticas e religiosas que caracterizaram a cidade de Alexandria no século IV. Por fim, elaborou-se uma síntese interpretativa, buscando evidenciar o papel de Hipátia como mediadora entre a tradição clássica e os desafios emergentes da Antiguidade Tardia.

Esta metodologia, ao privilegiar uma análise dialógica entre o contexto histórico e as obras estudadas, permitiu não apenas revisitar a importância científica de Hipátia, mas também refletir sobre seu legado enquanto símbolo de resistência ao obscurantismo e à intolerância em momentos de crise cultural.

UMA POSSÍVEL ANÁLISE SOBRE OS DADOS

A trajetória de Hipátia de Alexandria, à luz das fontes históricas e da literatura especializada, revela não apenas o papel de uma pensadora excepcional no seio da tradição científica helenística, mas também evidencia as dinâmicas de exclusão e violência que perpassaram o declínio do mundo clássico. Sua figura, situada na interseção entre ciência, filosofia e política, emerge como paradigma de resistência frente aos processos de transformação cultural e de imposição de uma nova ordem religiosa.

Ao examinar suas contribuições matemáticas e astronômicas, constata-se a continuidade do espírito crítico e investigativo da escola neoplatônica, que, sob sua liderança, manteve o compromisso com a busca pela verdade racional em meio a um contexto de crescente hostilidade intelectual. O aprimoramento das *Cônicas* e a aplicação prática de instrumentos como o hidrômetro ilustram não apenas sua habilidade técnica, mas também sua postura pedagógica em prol da democratização do saber, acessível a seus discípulos e aos membros da elite alexandrina.

Contudo, a análise crítica do *corpus* bibliográfico demonstra que Hipátia transcende as fronteiras da ciência pura. Ela personifica, em sua práxis filosófica, o *ethos* do pensamento clássico, que vê na razão um princípio ordenador da vida social e da compreensão do cosmos. A prática docente de Hipátia — ancorada no debate dialógico, na reflexão ética e na autonomia do pensamento — torna-se ainda mais significativa quando cotejada com o clima de intolerância e autoritarismo religioso que gradualmente sufocava a pluralidade de ideias em Alexandria (Watts, 2017).

A discussão em torno de sua trágica morte, promovida por uma turba instigada pelo poder eclesiástico, lança luz sobre as disputas veladas entre diferentes formas de hegemonia: a da razão filosófica e científica e a da fé institucionalizada. Embora alguns estudiosos, como Haas (2006), atentem para a complexidade das relações entre cristianismo e ciência na Antiguidade Tardia, a trajetória de Hipátia permanece como símbolo do embate entre o livre pensamento e o dogmatismo.

Ao situar Hipátia como mártir do saber, não se incorre na romantização de sua figura, mas antes se reconhece a força simbólica de sua trajetória para a história das ciências e das mulheres na ciência. Sua imagem, ressignificada ao longo dos séculos, foi apropriada por distintas narrativas: no Iluminismo, como emblema da razão contra a superstição; no feminismo, como representação da exclusão de mulheres dos espaços de poder intelectual (Dzielska, 1995; Schiebinger, 2001).

Fernandez, Amaral e Viana (2019) ressaltam que Hipátia foi a primeira mulher matemática registrada pela história e um dos últimos intelectuais vinculados à Biblioteca de Alexandria, cujo trágico fim marcou simbolicamente o encerramento da era dourada da matemática grega. Os autores destacam ainda sua representação na obra *A Escola de Atenas* de Rafael Sanzio, além de mencionar as homenagens posteriores que recebeu - desde as referências elogiosas de Voltaire e Bertrand Russell até as recriações artísticas como o romance de Charles Kingsley (1853) e o filme *Ágora* de Alejandro Amenábar (2011), que contribuíram para imortalizar seu legado na cultura ocidental.

No âmbito contemporâneo, o resgate de Hipátia reitera discussões urgentes acerca da preservação da liberdade acadêmica e da valorização da mulher na ciência, problematizando, ainda hoje, as estruturas que silenciam ou marginalizam vozes dissonantes. A reflexão sobre sua trajetória histórica reafirma que o avanço do conhecimento científico está intrinsicamente ligado à manutenção de um ambiente plural e de diálogo, no qual a razão crítica possa florescer sem coação ou censura.

Assim, a análise histórica e filosófica da atuação de Hipátia, ao iluminar as contradições e os desafios de seu tempo, fornece subsídios valiosos para o entendimento dos dilemas atuais que envolvem ciência, poder e liberdade. Seu legado, longe de se restringir a uma memória estática, convida à reflexão sobre a relevância do pensamento livre e crítico para a construção de sociedades mais justas e intelectual e eticamente emancipada.

ÚLTIMAS CONSIDERAÇÕES

A trajetória de Hipátia de Alexandria, analisada sob múltiplas perspectivas históricas, filosóficas e científicas, revela-se como um marco incontornável na compreensão das relações entre saber, poder e intolerância. Sua atuação como filósofa, matemática e astrônoma, em um período de transição turbulenta para o mundo antigo, posiciona-a como um dos expoentes do pensamento racional e do ensino crítico em meio ao avanço de forças políticas e religiosas que buscaram cercear a liberdade de pensamento.

Neste estudo, foi possível identificar não apenas as relevantes contribuições científicas de Hipátia — como os seus comentários e aprimoramentos às obras de Apolônio, bem como sua aplicação prática de instrumentos astronômicos —, mas também a sua condição de mediadora entre diferentes campos do conhecimento e de conselheira em um ambiente de forte tensão social e ideológica.

A análise histórica e filosófica revelou que a morte de Hipátia não se restringe à violência de seu assassinato físico, mas representa, em seu simbolismo, a tentativa de silenciamento da razão e da autonomia intelectual frente à ascensão de um sistema que privilegiava a ortodoxia e o dogma. Em contraposição a isso, seu legado ressurge em diversas épocas como inspiração para a defesa da liberdade acadêmica, do pensamento crítico e da valorização da ciência enquanto ferramenta de emancipação humana.

A trajetória de Hipátia de Alexandria transcende os limites do tempo, encarnando a eterna tensão entre a luz da razão e as sombras da intolerância. Sua vida e obra, entrelaçadas com a matemática, a astronomia e a filosofia, revelam que o conhecimento científico não é mero acúmulo de verdades, mas um ato de resistência frente aos dogmas que buscam aprisionar o pensamento. Na Alexandria do século IV, assim como em tantos outros momentos da história, a ciência foi tanto vítima quanto protagonista das lutas pelo poder, mostrando que a busca pelo saber é, em essência, um gesto político. Hipátia, ao morrer pela liberdade de ensinar e questionar, tornou-se símbolo de que a matemática e a filosofia não são apenas ferramentas para decifrar o cosmos, mas também armas contra a obscuridade. Seu legado nos convida a refletir: quantos outras Hipátias foram silenciadas ao longo dos séculos, e quantas verdades se perderam nas fogueiras da intolerância? A história da ciência, assim, não é apenas uma crônica de descobertas, mas um memorial de batalhas — algumas vencidas, outras ainda por travar — em defesa do direito humano de pensar, duvidar e criar.

Refletir sobre a figura de Hipátia no contexto contemporâneo é também reconhecer os desafios ainda presentes na inserção e valorização das mulheres nos espaços científicos, bem como reafirmar a importância da manutenção de um ambiente educacional plural e democrático. Sua memória, ao atravessar séculos e culturas, instaura um compromisso permanente com a construção de uma sociedade que privilegie o conhecimento livre de opressões e censuras.

Portanto, o estudo de Hipátia transcende o interesse historiográfico e insere-se no debate atual sobre o papel da ciência em tempos de crise e sobre a resistência de educadores e pensadores que, como ela, ousaram sustentar a luz da razão em meio às sombras da intolerância.

REFERÊNCIAS

ALIC, Margaret. **El legado de Hipatia:** Historia de las mujeres en la ciencia desde la Antigüedad hasta fines del siglo XIX. Barcelona: Ediciones Orbis, 2005.

BOYER, Carl B.; MERZBACH, Uta C. **História da matemática.** Editora Blucher, 2019.

DEAKIN, Michael A. B. **Hypatia of Alexandria: Mathematician and Martyr.** Amherst-New York: Prometheus Books, 2007.

DILLON, John. **The Heirs of Plato:** A Study of the Old Academy (347-274 BC). Oxford: Oxford University Press, 2004.

DZIELSKA, Maria. **Hipátia de Alexandria.** São Paulo: Relogio D'Agua, 1995.

FERNANDEZ, Cecília de Souza; AMARAL, Ana Maria Luz Fassarella; VIANA, Isabela Vasconcelos. **A história de Hipátia e de muitas outras matemáticas.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2019.

GADAMER, Hans-Georg. **Verdade e método:** traços fundamentais de uma hermenêutica filosófica. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1999.

HAAS, Christopher. **Alexandria in Late Antiquity:** Topography and Social Conflict. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2006.

LIVIO, Mario. **The Golden Ratio:** The Story of Phi, the World's Most Astonishing Number. New York: Broadway Books, 2002.

SCHIEBINGER, Londa. **O feminismo mudou a ciência?** Bauru: Edusc, 2001.

WATTS, Edward J. **Hypatia:** The Life and Legend of an Ancient Philosopher. Oxford: Oxford University Press, 2017.

CAPÍTULO III

PIERRE DE FERMAT: O TEOREMA QUE DESAFIOU SÉCULOS

Rildo Alves do Nascimento [9]
Camila França dos Santos [10]
Adriano Socorro de Souza Vaz [11]
Francisco Bergson Araujo Gomes [12]

DOI-capítulo: 10.47538/AC-2025.15-03

RESUMO: O presente texto analisa a trajetória e as contribuições de Pierre de Fermat, considerado um dos fundadores da moderna Teoria dos Números e um dos maiores matemáticos do século XVII. Magistrado de profissão e matemático por paixão, Fermat revolucionou a matemática através de suas correspondências com outros estudiosos de sua época, nas quais apresentou ideias inovadoras sobre probabilidade, cálculo e óptica, incluindo o Princípio de Fermat, essencial para o desenvolvimento da moderna física de ondas. O foco principal do texto recai sobre o célebre Último Teorema de Fermat, formulado em 1637, que resistiu a tentativas de solução por mais de três séculos até ser finalmente provado por Andrew Wiles em 1994, tornando-se um marco na história da matemática. O capítulo discute o contexto histórico desse teorema e sua profunda influência sobre matemáticos posteriores, como Euler, Gauss e Legendre. Além disso, são abordadas as técnicas pioneiras de Fermat, como o método da "descida infinita" e suas investigações sobre equações diofantinas. Finaliza-se com uma reflexão sobre a atualidade de suas ideias e o papel de Fermat na construção do pensamento matemático contemporâneo.

PALAVRAS-CHAVE: Fermat. Teorema. Teoria dos Números. Descida Infinita.

NOTAS INTRODUTÓRIAS

A história da Matemática é marcada por figuras que, por meio de sua genialidade e intuição, desafiaram os limites do conhecimento estabelecido em suas épocas, contribuindo decisivamente para o desenvolvimento de novas áreas e paradigmas. Dentre esses personagens, destaca-se Pierre de Fermat (1601–1665), magistrado francês cuja paixão pela matemática o conduziu à formulação de ideias revolucionárias que influenciaram profundamente a estruturação da moderna Teoria dos Números. Sua atuação, embora não sistematicamente publicada em vida, disseminou-se

9 Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática. Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. rildo.alves23@gmail.com.
10 Licenciada em Matemática. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia afro-brasileira – UNILAB. camila.santos3@prof.ce.gov.br.
11 Mestre em Ciências da Educação. Universidade Metropolitana de Santos – UNIMES. adrianossvaz100478@gmail.com.
12 Mestre em Matemática. Universidade Federal do Piauí – UFPI. bergson.gomes@ifpi.edu.br.

por meio de intensas correspondências com outros estudiosos, nas quais abordava temas como a teoria das probabilidades, o cálculo diferencial incipiente, a óptica e, notadamente, os problemas aritméticos de difícil solução, que viriam a ocupar matemáticos por séculos.

Segundo Boyer e Merzbach (2019), a matemática do século XVII não era apenas um conjunto de técnicas, mas uma revolução silenciosa no modo de pensar — uma transição entre a aritmética prática e a abstração pura, onde problemas aparentemente simples escondiam profundezas inexploradas. Nesse contexto, Fermat emergiu não como um acadêmico tradicional, mas como um pensador livre, cujas conjecturas desafiadoras, escritas à margem de livros e cartas, transformaram-se em sementes para toda uma nova abordagem da teoria dos números. Sua obra, ainda que fragmentária, exemplifica como a genialidade matemática muitas vezes floresce à margem das instituições, alimentada pela curiosidade e pelo fascínio por enigmas que resistem ao tempo.

Nesse contexto, emerge o *Último Teorema de Fermat*, enunciado em 1637 à margem de um exemplar de *Arithmetica* de Diofanto, no qual Fermat afirmava ter encontrado uma prova verdadeiramente maravilhosa para a impossibilidade de que existam soluções inteiras para a equação $x^n + y^n = z^n$, quando $n > 2$, embora tenha alegado que o espaço da margem era pequeno demais para contê-la. Tal afirmação tornou-se, desde então, um dos enigmas mais fascinantes da matemática, resistindo por mais de três séculos às investidas dos mais brilhantes matemáticos até sua demonstração definitiva por Andrew Wiles, em 1994. A longa espera por essa prova não apenas evidenciou a profundidade do problema, mas também impulsionou o desenvolvimento de importantes campos matemáticos, como a aritmética dos corpos algébricos, as formas modulares e as curvas elípticas.

Diante dessa rica tessitura histórica e matemática, o presente trabalho propõe-se a investigar a trajetória e as contribuições de Pierre de Fermat, com ênfase em sua formulação do teorema que desafiou gerações. Parte-se da seguinte questão norteadora: qual a relevância do Último Teorema de Fermat para a consolidação da Teoria dos Números e para o avanço do pensamento matemático contemporâneo? A reflexão teórica fundamenta-se em autores clássicos e contemporâneos da história da matemática, bem como em análises da obra e do legado de Fermat.

A justificativa para este estudo reside na necessidade de compreender como contribuições aparentemente isoladas, como as de Fermat, podem desencadear profundas transformações na ciência, revelando o entrelaçamento entre intuição, abstração e rigor lógico. Além disso, busca-se evidenciar a atualidade de suas ideias, bem como a elegância de métodos como a descida infinita, precursor do raciocínio indutivo estruturado.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consiste, portanto, em analisar criticamente o impacto histórico e teórico do *Último Teorema de Fermat*, contextualizando sua formulação, a resistência que ofereceu à solução e as implicações de sua demonstração final para a matemática moderna.

Do ponto de vista metodológico, adota-se uma abordagem qualitativa, de cunho teórico-bibliográfico, ancorada em obras especializadas de história da matemática e artigos acadêmicos sobre Fermat e o desenvolvimento da Teoria dos Números. Busca-se, assim, oferecer uma análise densa e reflexiva sobre a figura de Pierre de Fermat e seu papel fundacional em uma das áreas mais abstratas e elegantes da matemática.

Essa investigação não apenas homenageia um dos mais enigmáticos matemáticos da história, como também convida o leitor à contemplação da beleza e do mistério que permeiam os grandes desafios matemáticos que transcendem o tempo.

ASPECTOS TEÓRICOS

Como destacam Boyer e Merzbach (2019), a vida de Pierre de Fermat foi marcada por uma dicotomia singular entre sua carreira como magistrado e sua paixão clandestina pela matemática. Ao contrário de seus contemporâneos acadêmicos, Fermat desenvolveu suas teorias nos intervalos de suas obrigações jurídicas, tratando a matemática como um diálogo intelectual pessoal - fato que explica o caráter fragmentário e epistolar de sua obra. Essa condição de "amador genial" permitiu-lhe uma liberdade criativa incomum, desvinculada das convenções acadêmicas de seu tempo.

Boyer e Merzbach (2019) ressaltam que Fermat atuou em um período de transição epistemológica, quando a matemática começava a se libertar de suas raízes puramente geométricas. Seus contemporâneos, como Descartes, muitas vezes subestimaram suas contribuições por considerá-las muito abstratas ou pouco sistemáticas. No entanto, foi justamente essa abordagem não convencional, focada em problemas específicos e métodos originais, que permitiu a Fermat lançar as bases para desenvolvimentos futuros na teoria dos números, antecipando em séculos conceitos que só seriam plenamente compreendidos na era moderna.

Figura 1: Pierre de Fermat.

Fonte: https://pt.wikipedia.org.

A trajetória de Pierre de Fermat insere-se num momento de transição histórica e científica conhecido como Revolução Científica, período em que o pensamento racional e experimental passou a ocupar lugar central na produção do conhecimento, substituindo gradualmente a autoridade da tradição escolástica. Inserido nesse contexto, Fermat destacou-se por desenvolver contribuições matemáticas inovadoras, ainda que à margem das instituições acadêmicas formais, sendo reconhecido, posteriormente, como um dos precursores da moderna Teoria dos Números. Sua atuação foi marcada por uma prática epistolar fecunda, por meio da qual interagiu com matemáticos contemporâneos, como Blaise Pascal, René Descartes e Marin Mersenne, revelando um espírito investigativo profundamente original.

A Teoria dos Números, campo ao qual Fermat prestou contribuições fundacionais, é dedicada ao estudo das propriedades dos números inteiros, suas relações e estruturas. Segundo Burton (2010), Fermat foi responsável por reintroduzir e expandir a tradição da aritmética diofantina, nomeadamente através do desenvolvimento de conjecturas e métodos que posteriormente seriam formalizados por matemáticos como Euler, Legendre e Gauss. Dentre tais métodos, destaca-se o da descida infinita, uma forma de raciocínio por absurdo baseada na suposição da existência de uma solução mínima que leva logicamente à existência de uma solução ainda menor, culminando em uma contradição. Essa técnica, empregada por Fermat em diversas demonstrações, tornou-se um marco metodológico na matemática.

O *Último Teorema de Fermat* ocupa lugar singular nesse panorama. Embora sua formulação seja simples – a inexistência de soluções inteiras não nulas para a equação $x^n + y^n = z^n$ com $n > 2$ – sua demonstração revelou-se extremamente complexa. Como destaca Singh (1999), o teorema resistiu às abordagens clássicas por mais de três séculos, mobilizando esforços intelectuais de matemáticos de diversas gerações, até culminar na sofisticada prova de Andrew Wiles, que envolveu conceitos avançados da matemática do século XX, como as curvas elípticas e as formas modulares. Essa demonstração, ao estabelecer a conexão entre o teorema de Fermat e a conjectura de Taniyama-Shimura, não apenas resolveu um problema secular, mas também promoveu uma integração entre áreas da matemática até então consideradas distintas.

Nesse sentido, a influência de Fermat não se limita às proposições aritméticas que legou, mas se estende à inspiração metodológica e à abertura de novos horizontes teóricos. Como afirma Boyer e Merzbach (2019), Fermat, sem dúvida, plantou as sementes de uma nova era da matemática, cujos frutos só seriam plenamente colhidos séculos mais tarde. A relação entre intuição e rigor, marca de sua abordagem, antecipa uma epistemologia matemática que valoriza tanto a criatividade quanto a demonstração formal.

Assim, compreender o legado de Pierre de Fermat implica reconhecer a fecundidade de seu pensamento e o papel central de suas ideias na constituição de uma matemática moderna, abstrata e estrutural. Ao revisitarmos suas contribuições, somos conduzidos não apenas à apreciação de sua genialidade, mas também à constatação de que a matemática é uma construção histórica, feita de desafios, conjecturas e descobertas que transcendem as barreiras do tempo.

A INFLUÊNCIA DE FERMAT NO PENSAMENTO MATEMÁTICO CONTEMPORÂNEO

Embora Pierre de Fermat tenha produzido grande parte de sua obra de maneira dispersa e informal, sua influência transcende o tempo e repercute intensamente no pensamento matemático contemporâneo. Diferentemente dos tratados sistemáticos de outros matemáticos do século XVII, as ideias de Fermat foram muitas vezes apresentadas como desafios e conjecturas em correspondências privadas, o que, paradoxalmente, contribuiu para estimular debates e investigações por gerações subsequentes. Essa característica de lançar problemas sem oferecer soluções completas ou demonstrações detalhadas criou um legado de enigmas que impulsionou o avanço da matemática em múltiplas direções.

No que se refere à teoria das equações diofantinas — aquelas cujas soluções requerem números inteiros — Fermat pode ser considerado um verdadeiro pioneiro. Segundo Stillwell (2003), sua abordagem inaugurou uma nova perspectiva para o estudo dos números, ao propor problemas que exigiam métodos qualitativamente diferentes daqueles herdados da matemática grega e medieval. O impacto disso é perceptível na formação de uma cultura matemática voltada não apenas à solução de problemas, mas à construção de estruturas abstratas capazes de explicar por que determinadas soluções são impossíveis. Essa atitude está na base da matemática moderna, que privilegia a demonstração da impossibilidade tanto quanto a construção da possibilidade.

Além disso, a ênfase de Fermat em propriedades aritméticas dos números inteiros favoreceu o surgimento de ferramentas conceituais que, séculos depois, se tornariam essenciais para áreas como a criptografia, a lógica matemática e a ciência da computação. Um exemplo emblemático é o chamado *Pequeno Teorema de Fermat*, que afirma que, se p é um número primo e a é um inteiro que não é divisível por p, então $a^{p-1} \equiv 1(mod p)$. Esse resultado, além de ter sido uma das primeiras incursões sistemáticas na aritmética modular, constitui um dos pilares dos sistemas criptográficos modernos, como o RSA.

Como observam Nagel e Newman (2012), o método da descida infinita de Fermat não foi apenas uma ferramenta engenhosa para demonstrações matemáticas, mas uma antecipação profética de princípios lógicos que só seriam formalizados séculos depois. Sua abordagem, que combina redução ao absurdo com uma noção intuitiva de minimalidade, revela como Fermat operava em um nível de abstração que transcendia as convenções de sua época, prenunciando conceitos fundamentais da teoria da ordem e dos conjuntos bem-fundamentados.

Singh (1999) destaca que a resistência do Último Teorema de Fermat às soluções convencionais forçou a matemática a evoluir em direções inesperadas. O teorema, inicialmente um problema isolado, tornou-se um catalisador para a unificação de áreas aparentemente desconexas, como a teoria dos números e a geometria algébrica, demonstrando como desafios persistentes podem redefinir fronteiras inteiras do conhecimento científico.

De acordo com Stillwell (2003), Fermat pertencia a uma tradição matemática em que as conjecturas não eram meras especulações, mas ferramentas heurísticas poderosas. Ao deixar problemas em aberto — muitas vezes sem demonstração —, ele incentivou uma cultura de investigação colaborativa e acumulativa, na qual cada geração de matemáticos era desafiada a construir sobre as intuições das anteriores, transformando a matemática em um diálogo contínuo através dos séculos.

Burton (2010) ressalta que, embora menos famoso que seu último teorema, o Pequeno Teorema de Fermat teve um impacto prático imensurável, especialmente na era digital. Sua aplicação em criptografia moderna ilustra como ideias nascidas da pura curiosidade aritmética podem, séculos depois, tornar-se pilares de tecnologias que definem a sociedade contemporânea, ligando o século XVII ao XXI em uma cadeia ininterrupta de descobertas.

Outro aspecto relevante da influência de Fermat diz respeito à sua concepção não institucionalizada do saber. Ao não ser um matemático profissional — exercendo a magistratura como atividade principal —, sua prática exemplifica uma forma de produção intelectual marcada pela liberdade investigativa e pela ausência de compromissos formais com escolas ou dogmas. Essa postura, como observa Eco (2020), contribuiu para uma visão de ciência como uma aventura intelectual aberta, em que a curiosidade e o prazer pela resolução de enigmas ocupam lugar central.

Portanto, a contribuição de Fermat deve ser compreendida não apenas à luz de seus enunciados e métodos, mas também em função da mentalidade científica que ajudou a consolidar: uma matemática orientada por conjecturas, movida pela indagação e continuamente alimentada pelo diálogo entre intuição e formalismo. Ao evocar desafios que atravessaram os séculos, Fermat não apenas marcou sua época, mas ofereceu um modelo perene de criatividade matemática, cuja ressonância ainda se faz sentir nas fronteiras do saber atual.

O MÉTODO DA DESCIDA INFINITA E SUA IMPORTÂNCIA EPISTEMOLÓGICA

Entre as contribuições mais notáveis de Pierre de Fermat à matemática encontra-se o método da descida infinita, uma estratégia de demonstração que se inscreve na tradição do raciocínio por absurdo, mas com uma sofisticação peculiar que o distingue dos argumentos clássicos utilizados desde a Antiguidade. Esse método, que Fermat utilizou com maestria em diversas demonstrações dentro da Teoria dos Números, consiste na suposição da existência de uma solução mínima para determinado problema e na construção, a partir dela, de outra solução ainda menor, o que leva a uma regressão infinita e, por conseguinte, à impossibilidade lógica da suposição inicial.

Do ponto de vista epistemológico, o método da descida infinita representa um marco na formalização do raciocínio matemático, pois antecipa conceitos que mais tarde seriam sistematizados no âmbito da lógica matemática, como os princípios de indução e minimalidade. Segundo Nagel e Newman (2012), a inovação de Fermat reside não apenas no uso da descida infinita como técnica de prova, mas na clareza com que articulou a ideia de que uma regressão ao infinito é incompatível com a natureza finita dos números inteiros positivos — uma intuição fundamental que mais tarde seria formalizada no chamado princípio do bem fundado.

Além disso, o método de Fermat está em consonância com uma visão construtiva do conhecimento matemático, em que a refutação de uma possibilidade indesejada não se dá apenas pela negação lógica, mas pela explicitação de uma estrutura recursiva que evidencia a contradição. Essa abordagem, como observa Lakatos (2015), confere ao argumento matemático um caráter dinâmico e evolutivo, no qual a prova não é um ponto de chegada, mas parte de um processo contínuo de refinamento e reconstrução conceitual.

A relevância do método da descida infinita estende-se ainda à didática da matemática, sobretudo no que diz respeito à formação do pensamento lógico e à valorização de estratégias argumentativas não triviais. Ao exigir do estudante uma compreensão profunda da estrutura dos números e das relações entre eles, essa técnica contribui para a construção de uma postura investigativa e crítica, fundamental para a educação matemática contemporânea. Em um contexto educacional cada vez mais voltado à resolução mecânica de problemas, revisitar métodos como o de Fermat pode representar uma oportunidade de resgatar o valor da argumentação e da demonstração como práticas cognitivas centrais no fazer matemático.

Portanto, o método da descida infinita, além de ser uma ferramenta poderosa de demonstração, constitui um legado filosófico e pedagógico de grande valor. Sua utilização por Fermat ilustra a capacidade de síntese entre intuição e rigor formal, entre criatividade e sistematicidade, que caracteriza os grandes momentos da história da matemática. Ao compreender esse método, não apenas nos aproximamos do pensamento de um dos maiores matemáticos da história, como também lançamos luz sobre fundamentos lógicos que sustentam a própria arquitetura do saber matemático.

ELEMENTOS METODOLÓGICOS

A presente investigação assume caráter teórico e qualitativo, fundamentando-se em uma abordagem histórico-epistemológica da matemática, com ênfase na análise das contribuições de Pierre de Fermat e na trajetória do Último Teorema que leva seu nome. A pesquisa insere-se no campo das ciências humanas, pautada por uma perspectiva interpretativa, que visa compreender os significados e as implicações das ideias de Fermat no desenvolvimento da Teoria dos Números e na constituição do pensamento matemático moderno.

Segundo Creswell (2010), a escolha do delineamento metodológico deve estar alinhada aos objetivos do estudo e à natureza da problemática investigada, orientando o pesquisador quanto à abordagem mais adequada — seja ela qualitativa, quantitativa ou mista. Nesse sentido, optou-se por uma abordagem qualitativa de cunho exploratório, uma vez que se buscou compreender, em profundidade, os significados atribuídos a um fenômeno histórico-matemático a partir da análise bibliográfica e interpretativa. Essa perspectiva permite uma investigação flexível, sensível ao contexto e aberta à construção de sentidos, o que se mostra consonante com a proposta reflexiva e analítica deste trabalho.

Para alcançar os objetivos propostos, procedeu-se à revisão de literatura especializada, incluindo obras clássicas e contemporâneas sobre a história da matemática, estudos de cunho filosófico e epistemológico, bem como análises críticas sobre a resolução do Último Teorema por Andrew Wiles. As fontes foram cotejadas com interpretações de renomados historiadores da matemática, como Boyer e Merzbach (2019), Burton (2010) e Stillwell (2003), o que permitiu reconstruir com rigor o contexto histórico, científico e cultural no qual emergiram as ideias do autor.

A escolha do enfoque qualitativo justifica-se pela natureza interpretativa do objeto em questão: trata-se de compreender a evolução de conceitos matemáticos, a influência de um pensador singular na construção de paradigmas e o impacto de sua obra sobre gerações subsequentes de matemáticos. A análise não se restringe à descrição factual de eventos, mas se orienta por uma leitura crítica que evidencia tensões, rupturas e permanências no percurso histórico da matemática.

A estruturação do corpus teórico seguiu critérios de relevância, coerência com o tema e representatividade acadêmica. Foram privilegiadas fontes que dialogam diretamente com os eixos centrais da pesquisa: o método da descida infinita, o estudo das equações diofantinas, a formulação e repercussão do *Último Teorema de Fermat* e os desdobramentos contemporâneos de sua obra. Os dados extraídos dos textos foram submetidos à análise textual e interpretativa, respeitando-se os contextos de produção e as especificidades de cada autor.

Dessa forma, a metodologia adotada busca garantir a solidez teórica e a profundidade analítica necessárias à compreensão do legado de Fermat, não apenas como personagem histórico, mas como figura fundadora de uma forma de pensar a matemática que permanece viva nas práticas e nos discursos científicos da atualidade.

ANÁLISE E DEBATE

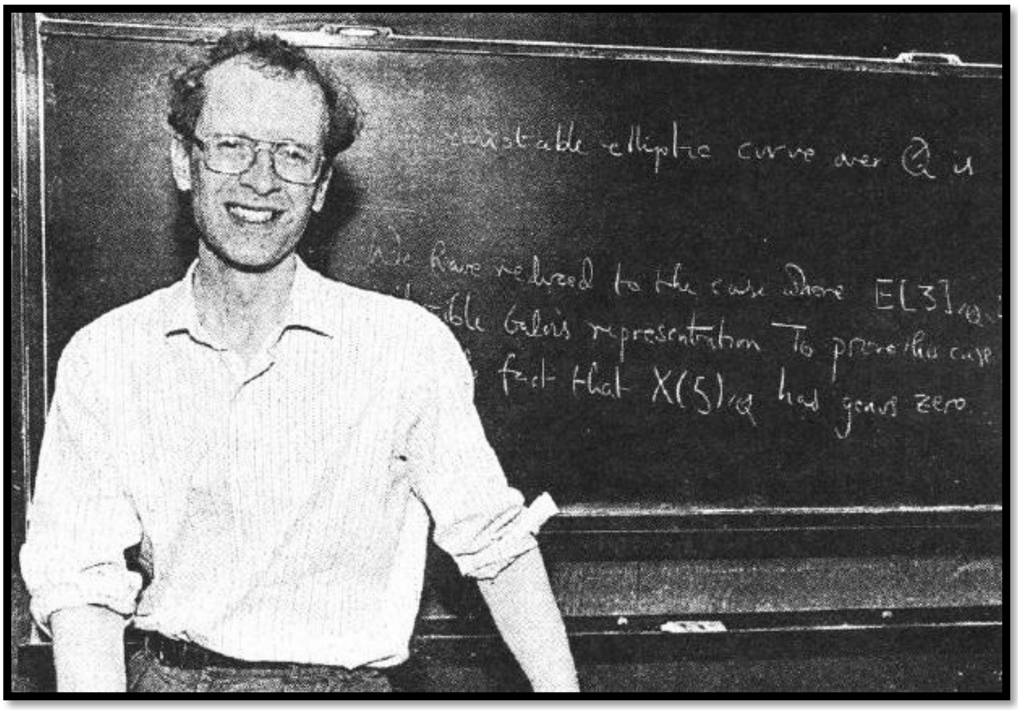
A análise empreendida neste estudo revela que a figura de Pierre de Fermat transcende o papel de um matemático erudito do século XVII, consolidando-se como um verdadeiro precursor da moderna Teoria dos Números. Sua atuação, desenvolvida paralelamente à carreira jurídica, evidencia uma postura intelectual singular, marcada pela autonomia investigativa, pela criatividade heurística e pela busca incessante por soluções elegantes e concisas para problemas aritméticos de elevada complexidade.

Ao se debruçar sobre o conteúdo do *Último Teorema*, percebe-se que a força de sua formulação não reside apenas na dificuldade técnica de sua demonstração, mas no impacto epistemológico que ela provocou ao longo dos séculos. O teorema, enunciado por Fermat de forma enigmática, atravessou gerações de matemáticos, instigando investigações que resultaram no aprimoramento de métodos e na criação de novas áreas de estudo, como a geometria algébrica e a teoria dos módulos de Galois. Nesse sentido, a conjectura de Fermat funciona como catalisador do progresso matemático, expondo a íntima conexão entre enunciados aparentemente simples e estruturas altamente sofisticadas (Boyer; Merzbach, 2019).

A partir da análise das obras consultadas, observa-se que o método da descida infinita, cunhado por Fermat, não apenas contribuiu para a resolução de importantes problemas diofantinos, como também introduziu uma forma inovadora de raciocínio matemático. Sua estratégia de demonstração, análoga a uma indução invertida, antecipa concepções modernas de recursividade e estrutura bem-fundada dos inteiros positivos (Stillwell, 2003). Conforme demonstrado por (Boyer; Merzbach, 2019), essa técnica foi retomada e aprimorada por matemáticos como Euler, Legendre e Dirichlet, evidenciando sua eficácia e aplicabilidade ao longo da história.

Ademais, a discussão em torno da prova do *Último Teorema*, finalmente apresentada por Andrew Wiles em 1994, reforça o valor visionário da formulação de Fermat. A demonstração de Wiles não apenas resolveu um dos maiores enigmas da matemática, como evidenciou o alcance das ideias lançadas por Fermat. A conexão estabelecida por Wiles entre a conjectura de Taniyama-Shimura-Weil e as formas modulares expôs uma teia de inter-relações entre áreas matemáticas que antes se encontravam relativamente dissociadas, como a Teoria dos Números e a Geometria Algébrica (Singh, 1999).

Figura 2: Andrew Wiles.



Fonte: Princeton Weekly Bulletin.

Por fim, a análise permite compreender que o legado de Fermat se mantém atual tanto no campo da pesquisa matemática quanto no âmbito da formação docente e da educação matemática escolar. Sua postura investigativa, pautada pela curiosidade e pelo prazer intelectual, pode e deve ser resgatada como exemplo de uma atitude epistemológica que valoriza a problematização, a construção de hipóteses e a argumentação rigorosa. Introduzir os estudantes aos grandes problemas da história da matemática pode representar uma estratégia potente para promover o letramento matemático, a apreciação da beleza dos raciocínios lógicos e o desenvolvimento do pensamento crítico.

Assim, a análise aqui proposta não apenas recupera a trajetória de um dos maiores matemáticos da história, mas também sublinha a importância de sua obra como eixo estruturante do pensamento matemático moderno, convidando-nos a refletir sobre o papel da história, da imaginação e da persistência na construção do conhecimento científico.

À GUISA DE CONCLUSÃO

A trajetória intelectual de Pierre de Fermat, tal como delineada ao longo desta investigação, revela um pensador cuja originalidade e profundidade marcaram indelevelmente a história da matemática. Embora atuasse como magistrado por profissão, sua dedicação à matemática o elevou à condição de precursor de importantes áreas, sobretudo da Teoria dos Números. Sua contribuição mais emblemática, o enigmático *Último Teorema*, mobilizou esforços de gerações sucessivas de matemáticos, funcionando como força propulsora de avanços teóricos e metodológicos que ultrapassaram os limites de seu próprio tempo.

Ao longo do estudo, tornou-se evidente que Fermat não apenas legou à posteridade teoremas e conjecturas de valor imensurável, mas também um modo de fazer matemática que privilegia a elegância, a síntese e o poder das ideias. Seu método da descida infinita, sua intuição diante dos problemas diofantinos e sua forma epistolar de comunicação com outros estudiosos revelam uma concepção criativa e dialógica do saber matemático, profundamente sintonizada com os desafios de sua época e, ao mesmo tempo, projetada para o futuro.

A análise crítica do percurso de seu célebre teorema — desde a formulação até sua resolução por Andrew Wiles no século XX — permitiu compreender a complexa rede de influências e desdobramentos que fizeram da conjectura de Fermat não apenas um problema isolado, mas um verdadeiro marco epistemológico na matemática. A resolução do teorema, após mais de 350 anos, reafirma a profundidade e o valor heurístico da proposta de Fermat, confirmando seu lugar entre os grandes gênios da ciência.

A história da matemática, como a própria ciência, é uma narrativa de intuição e rigor, de enigmas que transcendem seu tempo e de mentes que ousaram desafiar o desconhecido. O legado de Fermat, encapsulado na simplicidade enganosa de seu último teorema, revela que a busca pelo conhecimento não é apenas uma jornada de respostas, mas de perguntas que ecoam através dos séculos, desafiando gerações a repensar os limites do possível. Se a matemática é a linguagem do universo, então figuras como Fermat são seus poetas — tecendo conjecturas que, mesmo em sua aparente abstração, moldam os alicerces da realidade. Sua obra nos lembra que a ciência não é apenas cálculo e demonstração, mas também sonho e persistência, um diálogo eterno entre o humano e o infinito.

O percurso intelectual de Fermat revela uma verdade fundamental sobre o progresso científico: as maiores revoluções matemáticas muitas vezes nascem não da sistematização rigorosa, mas da ousadia de questionar o estabelecido. Como magistrado que transformava horas de ócio em descobertas imortais, Fermat personificou o espírito da investigação pura - aquele que privilegia a pergunta sobre a resposta, o processo sobre o produto. Seu legado transcende os teoremas que levam seu nome, oferecendo-nos uma lição atemporal: que a matemática, em sua essência, é tanto arte quanto ciência, alimentada tanto pela intuição do indivíduo quanto pelo diálogo coletivo através dos séculos. Sua obra nos lembra que os problemas mais persistentes são justamente aqueles que, ao resistirem às soluções convencionais, nos obrigam a reinventar a própria maneira de pensar.

Em termos educacionais, esta pesquisa reforça a importância de integrar a história da matemática ao processo de ensino-aprendizagem, valorizando os aspectos humanos, culturais e filosóficos que permeiam o desenvolvimento das ideias matemáticas. O contato com figuras como Fermat permite ao estudante perceber que a matemática não é um conjunto estático de verdades absolutas, mas uma construção coletiva, histórica e repleta de desafios, incertezas e descobertas.

Conclui-se, portanto, que o legado de Pierre de Fermat ultrapassa os limites da matemática pura e nos convoca a refletir sobre os modos de produção do conhecimento, a importância da curiosidade intelectual e o papel da persistência na resolução de problemas. Sua obra permanece viva, inspirando não apenas matemáticos, mas todos aqueles que se dedicam à nobre tarefa de compreender e transformar o mundo por meio do pensamento.

REFERÊNCIAS

BOYER, Carl B.; MERZBACH, Uta C. **História da matemática.** Editora Blucher, 2019.

BURTON, David M. **A History of Mathematics:** An Introduction. 7. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2010.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa:** métodos quantitativo, qualitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ECO, Umberto. **Como se faz uma tese.** São Paulo: Perspectiva, 2020.

LAKATOS, I. **Proofs and Refutations:** The Logic of Mathematical Discovery. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

NAGEL, Ernest; NEWMAN, James R. **Gödel's Proof.** 3rd ed. London: Routledge, 2012.

SINGH, Simon. **O Último Teorema de Fermat:** a história de um teorema que intrigou os maiores gênios do mundo por mais de 300 anos. São Paulo: Record, 1999.

STILLWELL, John. **Elements of Number Theory.** New York: Springer, 2003.

WILES, Andrew. Modular Elliptic Curves and Fermat's Last Theorem. **Annals of Mathematics**, Princeton, v. 141, n. 3, p. 443–551, 1995.

CAPÍTULO IV

LEIBNIZ: O ARQUITETO DO CÁLCULO MODERNO

Camila França dos Santos [13]
Rildo Alves do Nascimento [14]
Edson Verde de Sousa [15]
Gláucia Celina Tarouco Piccoli [16]

DOI-capítulo: 10.47538/AC-2025.15-04

RESUMO: Este texto examina a vida e a obra de Gottfried Wilhelm Leibniz, um dos grandes polímatas da história, cuja atuação abrangeu a Matemática, a Filosofia, a Lógica e as Ciências Naturais. Destaca-se sua contribuição decisiva para a criação do cálculo infinitesimal, em paralelo com Isaac Newton, e a introdução de uma notação simbólica clara e eficiente, ainda hoje adotada em disciplinas como a Matemática, a Física e a Engenharia. A obra também investiga a célebre disputa entre Leibniz e Newton pela primazia do Cálculo, inserindo-a no contexto político e científico da Europa do século XVII, marcado por rivalidades nacionais e tensões acadêmicas. Além do cálculo, o texto discute as contribuições de Leibniz para o desenvolvimento das séries infinitas, da lógica formal e de seu ambicioso projeto de uma *mathesis universalis*, uma linguagem universal do pensamento racional. A pesquisa encerra com uma reflexão sobre a forma como a visão filosófica de Leibniz, ancorada na busca pela harmonia e no otimismo metafísico, se conecta com sua obra científica, projetando sua influência até as ciências e tecnologias contemporâneas.

PALAVRAS-CHAVE: Cálculo infinitesimal. Cálculo diferencial e integral. Lógica. *Mathesis Universalis*.

UMA BREVE INTRODUÇÃO

Ao longo da história do pensamento ocidental, poucos nomes ressoam com a mesma magnitude intelectual de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716). Reconhecido como um dos mais notáveis polímatas da era moderna, Leibniz deixou um legado multifacetado que permeia os domínios da Matemática, da Filosofia, da Lógica e das Ciências Naturais. Seu tempo foi marcado por intensos debates filosóficos, efervescência científica e pela consolidação do método experimental, no seio de uma

---

13 Licenciada em Matemática. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia afro-brasileira – UNILAB. camila.santos3@prof.ce.gov.br.
14 Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática. Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. rildo.alves23@gmail.com.
15 Mestre em Engenharia de Computação e Sistemas. Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. edsielgraenz2017@gmail.com.
16 Especialista em educação de Ciências e Matemática. Universidade Católica de Pelotas. UCPel. piccoli.g@gmail.com.

Europa dividida por rivalidades nacionais e por disputas pelo domínio do saber. Nesse cenário, a contribuição de Leibniz se destaca, particularmente, pela formulação do cálculo infinitesimal — desenvolvido paralelamente ao trabalho de Isaac Newton — e pela introdução de uma notação simbólica que permanece como fundamento nos campos da Matemática, Física e Engenharia.

A despeito da polêmica disputa com Newton pela primazia do cálculo, o pensamento leibniziano não se limita ao terreno matemático. Suas investigações sobre as séries infinitas, a lógica formal e a ambiciosa concepção de uma *mathesis universalis* — uma linguagem racional e universal do conhecimento — revelam um projeto intelectual que transcende fronteiras disciplinares. A harmonia e a racionalidade, eixos de sua filosofia otimista, revelam-se também como princípios norteadores de sua produção científica. Todavia, o impacto de suas ideias, por vezes ofuscado pelas querelas históricas e pelas resistências institucionais de seu tempo, suscita reflexões importantes acerca da construção do conhecimento e da apropriação científica no contexto moderno.

Nesse sentido, o presente artigo se propõe a investigar a trajetória e a obra de Leibniz sob uma perspectiva histórica, filosófica e científica, com especial ênfase em sua atuação como arquiteto do cálculo moderno. A questão central que orienta esta pesquisa pode ser assim formulada: de que modo a contribuição de Leibniz para o cálculo infinitesimal e sua visão filosófica de mundo influenciaram a constituição do pensamento científico moderno?

A escolha desse tema se justifica pela necessidade de compreender não apenas os fundamentos técnicos do cálculo diferencial e integral, mas também o modo como esses fundamentos se articulam com uma visão mais ampla do conhecimento, própria de uma época de transição entre o pensamento escolástico e o racionalismo iluminista. Além disso, ao revisitar o legado de Leibniz, abre-se espaço para refletir criticamente sobre os fundamentos epistemológicos que sustentam as ciências exatas contemporâneas e sobre a persistência de suas ideias na lógica matemática, na ciência da computação e nas tecnologias emergentes.

Assim, o objetivo deste estudo é analisar, à luz da historiografia científica e da filosofia do conhecimento, as principais contribuições de Leibniz para o cálculo infinitesimal, bem como suas implicações para o desenvolvimento da lógica formal, ressaltando o entrelaçamento entre ciência e filosofia em sua obra.

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica, de cunho qualitativo, envolvendo obras primárias de Leibniz, documentos históricos e estudos contemporâneos de caráter interpretativo e analítico. A abordagem adotada busca articular a dimensão teórica, histórica e filosófica do tema, promovendo uma leitura crítica e contextualizada da produção leibniziana. Ao fim, pretende-se evidenciar como o ideal de uma ciência racional, unificada e simbólica, defendido por Leibniz, permanece como um horizonte inspirador para a epistemologia moderna.

ELEMENTOS TEÓRICOS

Como destaca Jolley (2019), Leibniz não foi apenas um gênio isolado em sua torre de marfim intelectual, mas um pensador profundamente engajado com as questões práticas de seu tempo. Diplomata, conselheiro de príncipes e bibliotecário real, sua vida foi marcada por uma tensão constante entre a abstração da matemática pura e as demandas políticas e sociais da Europa do século XVII. Essa dualidade refletiu-se em sua obra: enquanto desenvolvia o cálculo infinitesimal, também se dedicava a projetos de engenharia, reforma monetária e até à reconciliação entre igrejas cristãs. Sua biografia, portanto, revela um homem para quem a razão não era um fim em si mesma, mas um instrumento de transformação — uma mente que via no rigor lógico e na universalidade do conhecimento as bases para um mundo mais ordenado e harmonioso.

A compreensão da contribuição de Leibniz para a ciência moderna exige uma análise interdisciplinar que articule os campos da História da Matemática, da Filosofia da Ciência e da Lógica. Em consonância com a tradição do pensamento moderno europeu, Leibniz concebeu o conhecimento como uma construção racional fundamentada na clareza e na ordem, sendo seu projeto intelectual fortemente influenciado pelo racionalismo cartesiano e pela tradição escolástica, embora o tenha superado com originalidade ímpar.

Figura 1: Gottfried Leibniz.

Fonte: https://pt.wikipedia.org.

No campo da Matemática, a criação do cálculo infinitesimal por Leibniz representa uma ruptura paradigmática. Conforme Boyer e Merzbach (2019), o diferencial introduzido por Leibniz — notado por dx e dy — estabeleceu uma notação eficiente, intuitiva e de grande poder operacional, cuja longevidade atesta sua genialidade. Essa notação, distinta da abordagem geométrica de Newton, permitiu uma expansão significativa do cálculo, tornando-se base para aplicações nas ciências exatas e engenharias. A disputa entre Leibniz e Newton, embora envolta em interesses nacionais e rivalidades institucionais (Guicciardini, 2003), revela profundas diferenças epistemológicas: enquanto Newton concebia o cálculo com base em fluxões e razões de fluxos, Leibniz o estruturava em termos de incrementos infinitesimais, ancorados numa lógica simbólica.

Ademais, a contribuição de Leibniz não se restringe à técnica matemática. Como enfatiza Couturat (1901), Leibniz idealizou uma *mathesis universalis*, uma ciência geral da razão e do conhecimento, fundamentada em uma linguagem simbólica universal, capaz de expressar de forma precisa os processos racionais. Tal projeto antecipa, em muitos aspectos, a lógica formal contemporânea e até mesmo os fundamentos teóricos da computação. Sua concepção de *characteristica universalis* e *calculus ratiocinator* constitui uma tentativa pioneira de matematizar o pensamento, propondo que as disputas filosóficas poderiam ser resolvidas por meio do cálculo lógico — *Calculemus!*, como escreveu o próprio Leibniz.

Nesse contexto, é necessário destacar a influência de Leibniz na lógica moderna. Segundo Kneale e Kneale (1984), embora a lógica formal só tenha alcançado pleno desenvolvimento com Frege, no século XIX, muitos de seus fundamentos foram antecipados por Leibniz, incluindo a ideia de uma álgebra do pensamento. Sua visão integradora do saber, pautada na busca pela harmonia entre razão e natureza, reflete um otimismo metafísico que se projeta em sua filosofia monadológica, na qual cada substância individual (monada) expressa o universo inteiro sob sua própria perspectiva.

Finalmente, obras como Ishiguro (1990) e Leibniz (2001) destacam a atualidade do pensamento leibniziano, sobretudo na interface entre lógica, matemática e computação. Suas ideias prenunciam os fundamentos dos sistemas simbólicos, das linguagens formais e da própria estrutura lógica que sustenta os algoritmos digitais. Sua influência é visível nos fundamentos teóricos da ciência da computação, especialmente na concepção de máquinas racionais e sistemas de representação simbólica.

Em suma, o referencial teórico que sustenta este estudo permite compreender Leibniz como mais do que um matemático genial: ele foi um arquiteto do pensamento científico moderno, cuja obra articula racionalidade simbólica, linguagem formal e visão filosófica integrada, projetando-se como alicerce para muitos dos avanços da ciência contemporânea.

ASPECTOS MATEMÁTICOS DA OBRA DE LEIBNIZ

A contribuição de Leibniz ao campo da Matemática transcende a invenção do cálculo infinitesimal e evidencia uma proposta abrangente de sistematização do pensamento matemático como expressão formal da razão. Sua atuação abarcou temas como cálculo diferencial e integral, séries infinitas, notações simbólicas, análise combinatória, fundamentos da lógica e a introdução do sistema binário, este último com repercussões notórias no desenvolvimento da computação moderna.

Leibniz é amplamente reconhecido por ter introduzido uma notação simbólica inovadora para o cálculo diferencial, cuja elegância e funcionalidade asseguraram sua permanência até os dias atuais. Os símbolos por ele empregados para denotar infinitesimais — variações infinitamente pequenas de variáveis —, foram concebidos com o objetivo de sistematizar o raciocínio matemático em torno da variação contínua. A clareza dessa notação, comparada à abordagem mais geométrica e menos simbólica de Newton, contribuiu decisivamente para a disseminação do cálculo na Europa continental (Guicciardini, 2003). Como resultado, tornou-se possível deduzir com maior generalidade regras como a do produto, da cadeia e da derivação de funções compostas.

Outro domínio no qual a genialidade de Leibniz se revela é o das séries infinitas. Uma das mais conhecidas é a que leva seu nome:

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \cdots$$

Esta série, derivada a partir da expansão em série de Taylor da função arco tangente, exemplifica sua abordagem inovadora ao infinito e à convergência, mesmo em um período no qual os fundamentos da análise ainda não haviam sido formalizados com o rigor que somente viria com Cauchy, Weierstrass e Dedekind no século XIX (Leibniz, 2001). O interesse de Leibniz pelas séries estava também ligado à sua concepção de uma ciência universal baseada em combinações simbólicas e estruturas formais, o que o levou a propor uma *mathesis universalis*, ou seja, uma linguagem algébrica universal capaz de exprimir todo o conhecimento racional (Couturat, 1901).

É também notável sua antecipação de conceitos que mais tarde seriam consolidados sob o nome de função. Embora o termo ainda não estivesse estabilizado, Leibniz tratava, já no final do século XVII, da ideia de variáveis interdependentes, associadas por relações expressas simbolicamente, o que se aproxima da definição moderna de função matemática. Ele via o cálculo como um método para estudar variações de grandezas, aplicando-o a problemas de tangência, velocidade, aceleração e máximos e mínimos, o que reforça sua abordagem operatória e formal (Kneale; Kneale, 1984).

Na geometria analítica, Leibniz se destacou pela forma como articulou métodos algébricos com o pensamento geométrico. A aplicação do cálculo integral à determinação de áreas, volumes e comprimentos de curvas ilustra sua capacidade de conjugar intuições espaciais com manipulações formais. Segundo Ishiguro (1990), a força do pensamento leibniziano reside precisamente na combinação de formalismo simbólico com uma visão filosófica e estrutural da realidade matemática.

Outra contribuição singular de Leibniz foi sua formulação do sistema binário. Em seu ensaio *Explication de l'arithmétique binaire* (1703), ele apresenta a possibilidade de representar todos os números por meio de uma sequência de zeros e uns, lançando as bases para a aritmética computacional moderna. Curiosamente, Leibniz atribui a esse sistema uma simbologia metafísica, sugerindo que a criação do universo a partir do nada poderia ser representada pelo 1 (ser) e o 0 (não ser). Essa conexão entre metafísica e matemática revela o escopo abrangente de sua visão racionalista (Tarski, 1983).

Adicionalmente, sua concepção de lógica formal — ainda que rudimentar em relação à lógica moderna — antecipou temas que seriam retomados por Frege, Peano e Russell. Para Tarski (1983), é possível identificar em Leibniz um precursor da semântica formal, ao propor um sistema lógico baseado em símbolos precisos e regras dedutivas, cujo objetivo era eliminar ambiguidades da linguagem natural e favorecer a universalidade do raciocínio científico.

Os aspectos matemáticos da obra de Leibniz não se limitam ao desenvolvimento técnico de fórmulas ou algoritmos; antes, integram um projeto ambicioso de construção de um sistema simbólico universal que expressasse a ordem racional do mundo. Sua obra constitui uma das fundações sobre as quais se ergueram a matemática moderna, a lógica simbólica e, por extensão, as tecnologias da informação contemporâneas.

LEIBNIZ E A INTERCONEXÃO ENTRE FILOSOFIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

A produção intelectual de Leibniz não pode ser devidamente compreendida sem o reconhecimento de sua profunda convicção na unidade do saber. Para além de suas contribuições técnicas à Matemática e à Lógica, Leibniz sustentava uma concepção filosófica segundo a qual todas as formas de conhecimento deveriam convergir para uma harmonia universal, expressão de uma racionalidade subjacente à realidade. Essa perspectiva integradora revela uma visão sistêmica e transdisciplinar, que antecede em séculos os debates contemporâneos sobre a complexidade e a interdependência entre ciência, filosofia e tecnologia.

Na perspectiva leibniziana, a ciência não é uma atividade compartimentada, mas sim um empreendimento totalizante, onde o progresso em uma área repercute em outras. Essa visão se expressa de modo notável em sua proposta de criação de uma enciclopédia universal do saber, cujo propósito era reunir, organizar e sistematizar todo o conhecimento humano, numa estrutura lógica e acessível — antecipando, de certo modo, a lógica das bases de dados modernas e até o ideal de inteligências artificiais simbólicas (Negri, 2015). Nesse sentido, Leibniz pode ser considerado um precursor não apenas da ciência moderna, mas também de uma ciência informacional, em que a lógica e a linguagem constituem os eixos estruturantes do conhecimento técnico e tecnológico.

Outro ponto relevante de sua obra é a concepção da combinatória das ideias, segundo a qual todas as proposições racionais podem ser construídas a partir da combinação de elementos simples, conforme princípios fixos. Tal concepção antecipa a álgebra booleana e os fundamentos teóricos da programação computacional, como reconhecem historiadores da ciência como Eco (2001) e Floridi (2002). O sonho leibniziano de uma máquina racional capaz de operar com ideias — que mais tarde se materializaria nas concepções de Turing e na arquitetura de computadores digitais — nasceu de sua aspiração filosófica por uma razão mecânica, precisa e universal.

Além disso, sua noção de *pré-estabelecimento harmônico*, em que cada elemento do universo age em perfeita correspondência com os demais sem interferência causal direta, oferece uma imagem metafísica que pode ser interpretada como um modelo conceitual de sistemas complexos e distribuídos, semelhantes às redes computacionais e aos sistemas cibernéticos contemporâneos. Ainda que profundamente metafísica, essa ideia traduz um modelo de organização racional e autônoma, no qual a ordem não depende da centralidade, mas da coerência interna de cada componente — um princípio que ressoa com os sistemas descentralizados da tecnologia atual.

Por fim, a interconexão entre ciência e filosofia em Leibniz oferece um contraponto necessário ao tecnicismo moderno. Em um tempo em que a fragmentação do saber parece inevitável, o pensamento leibniziano convida à reintegração dos discursos científicos ao horizonte ético e filosófico mais amplo. Seu legado sugere que o avanço tecnológico deve caminhar lado a lado com a reflexão racional e moral, pois a verdadeira ciência, em sua acepção mais plena, é sempre uma ciência da razão e da humanidade.

Essa seção, portanto, reafirma a atualidade do pensamento leibniziano ao evidenciar como suas concepções filosóficas dialogam com questões fundamentais da ciência e da tecnologia contemporâneas. Em Leibniz, encontra-se uma síntese exemplar entre lógica, linguagem e mundo, cujo potencial teórico ainda ilumina os desafios da modernidade técnica.

A INFLUÊNCIA DE LEIBNIZ NA EPISTEMOLOGIA MODERNA E NAS ESTRUTURAS DO SABER CIENTÍFICO

A obra de Leibniz transcende os limites disciplinares tradicionais ao propor uma reconfiguração profunda das bases do conhecimento científico. Sua filosofia da ciência, embora articulada no século XVII, antecipa de forma surpreendente as preocupações epistemológicas modernas, ao integrar razão, método e linguagem como pilares estruturantes da produção do saber. Tal perspectiva o insere entre os fundadores da epistemologia moderna, ao lado de Descartes, Bacon e Newton, mas com uma singularidade: a ênfase na racionalidade simbólica e na universalidade do método lógico como instrumentos de inteligibilidade do mundo.

O pensamento leibniziano rejeita a cisão entre teoria e prática, entre razão pura e aplicação empírica, ao conceber que todo conhecimento verdadeiro deve ser ao mesmo tempo necessário, demonstrável e funcional. Nesse sentido, a *mathesis universalis* não era apenas um ideal lógico, mas uma estratégia epistemológica para a construção de um saber científico sistemático, transparente e cumulativo. Segundo Jolley (2019), essa concepção funda uma nova maneira de entender a ciência, não mais como mera observação da natureza, mas como uma arquitetura racional de princípios, leis e demonstrações — isto é, como uma linguagem formal que espelha a ordem do universo.

Além disso, a epistemologia de Leibniz valoriza a economia cognitiva, isto é, a capacidade de representar fenômenos complexos por meio de sistemas simples e coerentes de símbolos e regras. Essa ideia ressurge com vigor nas teorias contemporâneas da ciência, como no modelo nomológico-dedutivo de Hempel (2005) ou nas estruturas paradigmáticas de Kuhn (2020), que reconhecem o papel das representações formais e dos sistemas conceituais na organização e validação do conhecimento. Leibniz, portanto, antecipa não apenas a lógica simbólica, mas também a concepção moderna de ciência como um sistema de signos inter-relacionados e regido por coerência interna.

A centralidade da linguagem na epistemologia leibniziana também se manifesta na sua preocupação com a claridade e distinção das ideias, influenciada por Descartes, mas reinterpretada em termos mais operacionais. Para Leibniz, a ambiguidade conceitual é um obstáculo à ciência, e por isso propõe uma linguagem formal que elimine as imprecisões do discurso comum. Essa proposta encontra ecos na virada linguística do século XX, sobretudo em autores como Wittgenstein e Quine, que colocam a linguagem no cerne das questões epistemológicas. O projeto de Leibniz, ao procurar fundamentar o saber em uma gramática da razão, constitui um precursor da concepção analítica da filosofia e da ciência.

Outro aspecto notável é a concepção leibniziana da possibilidade lógica como critério de existência racional. Para ele, tudo que é logicamente possível é passível de existência, desde que não contenha contradições internas. Essa ideia ressurge na lógica modal contemporânea e nas discussões sobre mundos possíveis, influenciando a semântica formal e a metafísica analítica. Conforme Plantinga (1978), a lógica dos mundos possíveis deve muito à ontologia leibniziana, na qual a razão divina escolhe, entre todas as possibilidades, o melhor dos mundos — uma concepção que articula metafísica e racionalidade em um único sistema explicativo.

Por fim, a visão epistemológica de Leibniz contribui para a valorização do saber como empreendimento cooperativo e intersubjetivo. Sua insistência na necessidade de uma linguagem universal não tinha apenas implicações lógicas, mas também éticas e políticas: o conhecimento deveria ser acessível, comunicável e reprodutível, como forma de promover o progresso coletivo da humanidade. Assim, sua epistemologia é também uma teoria da ciência enquanto obra comum, fundada na razão partilhada e no ideal de paz universal por meio do entendimento racional.

A atualidade do pensamento epistemológico de Leibniz reside, portanto, em sua visão sistêmica, simbólica e universal do saber. Ao propor que a ciência deve ser uma construção racional, transparente e comunicável, ele oferece fundamentos teóricos que continuam a orientar os debates contemporâneos sobre a natureza, os limites e os fins do conhecimento científico.

MÉTODO

Este estudo configura-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com delineamento bibliográfico e caráter exploratório, voltada à análise crítica da trajetória intelectual de Leibniz, especialmente no que se refere à sua contribuição para a constituição do cálculo moderno, bem como para a estruturação epistemológica da ciência racional. A escolha por uma abordagem qualitativa justifica-se pela complexidade e pela natureza interpretativa do objeto investigado, cuja compreensão exige uma leitura densa dos textos, ideias e contextos históricos que envolveram a produção leibniziana.

A investigação bibliográfica constitui-se como procedimento metodológico fundamental, na medida em que se apoia em fontes primárias e secundárias para a construção de uma narrativa teórica e histórica. Foram consultadas obras clássicas e contemporâneas sobre Leibniz, sua obra matemática, filosófica e lógica, além de estudos que abordam sua influência na epistemologia moderna, tais como os trabalhos de Jolley (2019), Kuhn (2020), Floridi (2002), Plantinga (1978) e Hempel (2005), entre outros. A seleção dos materiais se deu com base em critérios de relevância acadêmica, atualidade (no caso das fontes secundárias) e reconhecimento dos autores na comunidade científica.

A análise dos textos foi realizada por meio da técnica de leitura crítica e interpretativa, articulando os aspectos conceituais das ideias de Leibniz com os contextos históricos e epistemológicos de sua produção. Tal análise buscou evidenciar as conexões entre as proposições do autor e os desdobramentos posteriores em áreas como a lógica simbólica, o cálculo infinitesimal, a filosofia da linguagem e a epistemologia das ciências.

Para fins de organização e sistematização do corpus teórico, o estudo foi estruturado em seções que correspondem a eixos temáticos específicos: a gênese e o desenvolvimento do cálculo infinitesimal, a disputa com Newton e seus desdobramentos políticos e científicos, o projeto da *mathesis universalis*, e, por fim, as implicações epistemológicas e filosóficas de sua obra. Essa organização visa oferecer uma leitura coesa e aprofundada do pensamento leibniziano, respeitando sua multidisciplinaridade sem comprometer o rigor analítico.

Por fim, vale destacar que, embora se trate de um estudo de natureza teórica, os resultados obtidos não se limitam à reconstrução histórica, mas buscam dialogar com questões epistemológicas contemporâneas, contribuindo para a valorização do legado leibniziano na constituição do pensamento científico moderno e de suas estruturas formais.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Permite-se evidenciar a centralidade da obra de Leibniz no processo de constituição do pensamento científico moderno, especialmente no que concerne à criação do cálculo infinitesimal e à formulação de uma linguagem racional universal. A partir da investigação bibliográfica e da leitura crítica das obras e interpretações pertinentes, tornou-se possível identificar não apenas as inovações técnicas promovidas por Leibniz, mas também a profundidade filosófica que sustenta sua produção científica.

No campo da Matemática, os resultados apontam que a grande contribuição de Leibniz não se restringe à descoberta do cálculo diferencial e integral — realizada de forma paralela, porém independente, à de Newton —, mas principalmente à sistematização e notação simbólica desse novo saber, cuja eficiência e clareza tornaram-se fundamentais para o desenvolvimento posterior da análise matemática. A introdução dos símbolos para diferenciação para integração demonstra uma notável sensibilidade epistemológica quanto ao papel da linguagem na organização do conhecimento matemático, antecipando princípios que seriam posteriormente reafirmados pela lógica simbólica e pela semiótica moderna (Leibniz, 2001; 2009; 2020).

A célebre disputa entre Leibniz e Newton, inserida em um contexto político-científico marcado por rivalidades nacionais e tensões institucionais, revelou-se, mais do que uma mera contenda de prioridades, um embate entre duas visões distintas de ciência: uma fundada no formalismo lógico e na generalidade (Leibniz), e outra ancorada na geometria clássica e na experiência física (Newton). A análise das fontes permitiu compreender como essa divergência se projetou nas academias científicas da época e influenciou a recepção e difusão do cálculo em distintos países europeus, configurando um campo de disputa epistemológica que perdurou por décadas.

No plano filosófico e lógico, a análise revelou que a proposta leibniziana da *mathesis universalis* vai além de um ideal utópico de linguagem; trata-se de uma concepção profundamente articulada da razão como instrumento de construção e sistematização do saber. Ao defender a possibilidade de uma linguagem formal que represente com clareza e precisão todas as operações do pensamento, Leibniz antecipa os fundamentos da lógica matemática contemporânea e das linguagens formais da ciência, como evidenciado nos trabalhos de Frege (2014), Russell (2004) e Tarski (1983).

Outro resultado relevante refere-se à articulação entre ciência e metafísica na obra leibniziana. A busca pela harmonia preestabelecida, pelo princípio da razão suficiente e pela melhor organização possível do mundo manifesta uma visão otimista da racionalidade, na qual a ciência, longe de ser um saber fragmentado, é expressão da ordem divina e do logos universal. Essa perspectiva permite compreender o pensamento leibniziano como um projeto de unificação do saber, em que a matemática, a lógica e a filosofia confluem em uma arquitetura racional do conhecimento humano.

Por fim, a análise crítica permitiu estabelecer conexões entre o legado de Leibniz e os paradigmas epistemológicos atuais. A valorização da clareza conceitual, da linguagem simbólica, da lógica formal e da interdisciplinaridade constituem elementos que ainda orientam o fazer científico contemporâneo. Nesse sentido, os resultados demonstram que a obra de Leibniz, longe de se encerrar em seu tempo, projeta-se como fundamento duradouro das ciências exatas, formais e cognitivas, revelando-se essencial à compreensão das estruturas do conhecimento moderno e de suas implicações filosóficas.

Assim, esta análise reafirma a atualidade e a relevância do pensamento leibniziano, não apenas como um marco histórico, mas como uma fonte fecunda de reflexão para os desafios epistemológicos do presente, contribuindo para o fortalecimento de uma ciência racional, ética e voltada à universalidade do saber.

CONCLUSÃO

O percurso intelectual de Leibniz, abordado ao longo deste estudo, revela um autor cuja erudição e genialidade transcendem os limites disciplinares, estabelecendo pontes entre a Matemática, a Filosofia, a Lógica e as Ciências Naturais. A análise empreendida demonstrou que suas contribuições não apenas inauguraram uma nova era no desenvolvimento do cálculo infinitesimal, como também ofereceram fundamentos epistemológicos duradouros à ciência moderna.

A criação de uma notação simbólica eficiente para o cálculo, a formulação de princípios lógicos rigorosos e o ideal da *mathesis universalis* constituem legados inestimáveis que ainda orientam o pensamento científico contemporâneo. Além disso, a disputa com Newton, longe de ser apenas um episódio de vaidade ou rivalidade nacional, revelou-se um momento de inflexão histórica na definição de paradigmas científicos e de estilos de racionalidade.

A investigação também permitiu identificar o modo como Leibniz concebia a ciência como expressão da ordem racional do universo, articulando de maneira singular o rigor matemático e a metafísica da harmonia. Sua visão do conhecimento, como totalidade sistemática e unificadora, desafia a fragmentação do saber e propõe um ideal de universalidade ainda atual no âmbito das ciências formais e cognitivas.

Do ponto de vista metodológico, a abordagem qualitativa e bibliográfica mostrou-se adequada para captar a profundidade teórica e o entrelaçamento conceitual da obra leibniziana, permitindo uma leitura crítica e contextualizada de seus fundamentos. Os resultados alcançados reforçam a importância de resgatar e discutir o pensamento de Leibniz não apenas como memória histórica, mas como matriz viva de racionalidade científica e filosófica.

A história da matemática e da ciência, como demonstra a trajetória de Leibniz, não é apenas uma acumulação de descobertas, mas um diálogo entre razão e intuição, entre símbolos e sentido. Seu cálculo infinitesimal, mais que uma ferramenta técnica, foi uma revolução na forma de conceber o contínuo e o discreto, o finito e o infinito, revelando que a linguagem matemática é, em essência, uma metafísica da precisão. Leibniz não apenas antecipou a lógica formal e a computação, mas também nos legou uma questão perene: pode o pensamento humano, em sua busca por harmonia, reduzir o cosmos a um sistema de signos? Sua obra nos lembra que a ciência, em seu ápice, não é só cálculo, mas também filosofia — uma tentativa de decifrar, nos traços do mundo, a escrita invisível da razão universal.

Conclui-se, portanto, que Leibniz não foi apenas o arquiteto do cálculo moderno, mas também um visionário que antecipou elementos centrais da ciência contemporânea. Sua obra permanece como um farol para aqueles que, ainda hoje, acreditam na potência da razão, na clareza das ideias e na possibilidade de um saber verdadeiramente universal.

REFERÊNCIAS

BOYER, Carl B.; MERZBACH, Uta C. **História da matemática.** Editora Blucher, 2019.

COUTURAT, Louis. **La Logique de Leibniz.** Paris: Félix Alcan, 1901.

ECO, Umberto. **A busca da língua perfeita.** São Paulo: Edusc, 2001.

FLORIDI, Luciano. **Philosophy and Computing:** An Introduction. London: Routledge, 2002.

FREGE, Gottlob. **Begriffsschrift und andere Aufsätze:** Mit E. Husserls und H. Scholz'Anmerkungen herausgegeben von Ignacio Angelelli. Halle: Georg Olms Verlag, 2014.

GUICCIARDINI, Niccolò. **Reading the Principia:** The Debate on Newton's Mathematical Methods for Natural Philosophy from 1687 to 1736. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

HEMPEL, Carl. Métodos tipológicos en las ciencias naturales y sociales. In: HEMPEL, Carl. G. **La explicación científica:** estudios sobre la filosofia de la ciencia. Traducción de M. Frassinete de Gallo et al. Barcelona: Paidós, p. 211-232, 2005.

ISHIGURO, Hidé. **Leibniz's Philosophy of Logic and Language.** 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

JOLLEY, Nicholas. **Leibniz.** London: Routledge, 2019.

KNEALE, William; KNEALE, Martha. **The Development of Logic.** Corrected paperback edition. Oxford: Clarendon Press; New York: Oxford University Press, 1984.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 2020.

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. **A Monadologia e outros textos.** São Paulo: Hedra, 2009.

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. Nova methodus pro maximis et minimis. In: GRATTAN-GUINNESS, Ivor (Ed.). **From the calculus to set theory 1630-1910:** An introductory history. Princeton University Press, 2020.

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. **The Labyrinth of the Continuum:** Writings on the Continuum Problem, 1672–1686. Edited and translated by Richard T. W. Arthur. New Haven: Yale University Press, 2001.

NEGRI, Antonio. **O poder constituinte:** ensaio sobre as alternativas da modernidade. Rio de Janeiro: Lamparina, 2015.

PLANTINGA, Alvin. **The Nature of Necessity.** Oxford: Clarendon Press, 1978.

RUSSELL, Bertrand. **History of western philosophy.** London: Routledge, 2004.

TARSKI, Alfred. The Concept of Truth in Formalized Languages. In: TARSKI, Alfred. **Logic, Semantics, Metamathematics:** Papers from 1923 to 1938. Translated by J. H. Woodger. Indianapolis: Hackett Publishing Company Inc., 1983. p. 152–278.

CAPÍTULO V

RIEMANN: A GEOMETRIA QUE MOLDOU O ESPAÇO-TEMPO

Rildo Alves do Nascimento [17]
Maurício Aires Vieira [18]
Leonardo Lopes Martins Dias [19]
Vandeilson Moisés de Oliveira [20]

DOI-capítulo: 10.47538/AC-2025.15-05

RESUMO: Este capítulo examina a profunda e revolucionária contribuição de Bernhard Riemann para a Matemática do século XIX, com especial ênfase em seus avanços na geometria diferencial e na análise matemática. Riemann rompeu paradigmas ao apresentar, em sua notável dissertação de 1854, a noção de variedades e de métricas não euclidianas, conceitos que viriam a se tornar pilares fundamentais da Teoria da Relatividade Geral de Einstein. O texto contextualiza como Riemann ultrapassou os limites da geometria clássica de Euclides, introduzindo uma nova visão sobre espaços curvos e multidimensionais, transformando a forma como matemáticos e físicos compreendem a estrutura do universo. São abordadas também suas contribuições à análise complexa, especialmente sua formulação da célebre Hipótese de Riemann, um dos problemas em aberto mais intrigantes da Matemática moderna. A influência de Riemann se estende para áreas como a física teórica, a topologia e o estudo da gravitação. O trabalho também reflete sobre como seu pensamento inovador continua moldando a ciência contemporânea e inspirando novas gerações de pesquisadores.

PALAVRAS-CHAVE: Riemann. Geometria. Relatividade. Hipótese de Riemann.

INTRODUÇÃO

A trajetória do pensamento matemático ao longo da história é marcada por momentos de ruptura paradigmática que redefiniram os fundamentos da ciência e abriram novos horizontes para a compreensão do universo. Um desses momentos decisivos ocorreu no século XIX, com as contribuições visionárias de Bernhard Riemann, cuja obra revolucionou a geometria e inaugurou novas possibilidades para o entendimento do espaço e do tempo. A Matemática, até então firmemente ancorada nos postulados euclidianos, foi profundamente impactada pela proposta de Riemann de uma geometria não euclidiana, assentada na ideia de variedades diferenciáveis e métricas

17 Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática. Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. rildo.alves23@gmail.com.
18 Doutor em Educação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS. mauriciovieira@unipampa.edu.br.
19 Mestre em Matemática. Instituto Federal do Piauí – IFPI. leonardolpmartins@outlook.com.
20 Mestre em Matemática. Instituto Federal do Piauí – IFPI. vandeilsonnota10@gmail.com.

generalizadas. Ao transcender os limites da geometria clássica, Riemann lançou as bases para a formulação da Teoria da Relatividade Geral, tornando-se uma das figuras mais influentes na interface entre a matemática pura e a física teórica.

A problematização que guia o presente estudo inscreve-se no âmbito da compreensão da importância e do alcance das ideias de Riemann, tanto em seu tempo quanto em seu legado duradouro para a ciência contemporânea. A geometria riemanniana, concebida inicialmente como um exercício teórico, revelou-se essencial para a modelagem de fenômenos físicos complexos e para a consolidação de novas concepções de espaço-tempo, sobretudo a partir de sua apropriação por Albert Einstein. Surge, portanto, a indagação que orienta esta investigação: em que medida as inovações introduzidas por Riemann transformaram os fundamentos da matemática e contribuíram para a emergência de uma nova visão científica do universo?

Do ponto de vista teórico, este estudo se ancora nas obras de história da matemática e nas análises epistemológicas que elucidam o contexto de produção e recepção do pensamento de Riemann. Autores como Spivak (1999), Gray (2004) e Stillwell (1989) oferecem subsídios valiosos para compreender o impacto da geometria diferencial riemanniana e a formulação da célebre Hipótese de Riemann, um dos problemas mais desafiadores e fascinantes da matemática moderna. Além disso, são considerados os desdobramentos interdisciplinares das ideias de Riemann, que influenciaram áreas como topologia, análise complexa, física matemática e cosmologia.

A pesquisa apresentada neste artigo tem por finalidade examinar, de maneira crítica e aprofundada, as contribuições de Riemann à matemática do século XIX, com especial atenção à sua dissertação de 1854, aos fundamentos da geometria diferencial e às implicações de sua obra para o desenvolvimento da física moderna. Justifica-se esta investigação pelo valor histórico, epistemológico e científico das ideias de Riemann, cuja originalidade e profundidade continuam a provocar debates e a inspirar novos caminhos na pesquisa acadêmica.

Objetiva-se analisar a importância da geometria riemanniana e de suas conexões com a Teoria da Relatividade, bem como refletir sobre a relevância da Hipótese de Riemann no cenário da matemática contemporânea. Especificamente, busca-se: (i) contextualizar a emergência do pensamento de Riemann no século XIX; (ii) descrever os principais conceitos introduzidos por ele; (iii) discutir as repercussões de sua obra no campo da física e da matemática moderna.

Do ponto de vista metodológico, trata-se de uma pesquisa de cunho qualitativo e exploratório, pautada na revisão bibliográfica e na análise crítica de fontes secundárias sobre a obra de Riemann. A investigação articula elementos históricos, matemáticos e filosóficos, adotando uma abordagem interdisciplinar que permita apreender a complexidade e a atualidade do legado riemanniano. Assim, esta introdução busca situar o leitor no panorama intelectual em que se insere o estudo, oferecendo os elementos essenciais para a compreensão da relevância da obra de Riemann.

REFERENCIAL TEÓRICO

O legado intelectual de Bernhard Riemann constitui um dos marcos mais significativos da história da Matemática, representando uma inflexão decisiva no modo como se concebe o espaço, a estrutura e a dinâmica dos sistemas matemáticos e físicos. Para compreender a envergadura teórica de suas contribuições, faz-se necessário delinear os fundamentos da geometria clássica e a transição paradigmática promovida por sua obra.

Figura 1: Bernhard Riemann.

Fonte: https://pt.wikipedia.org.

Durante mais de dois milênios, a geometria euclidiana, baseada nos *Elementos* de Euclides, serviu como arcabouço inquestionável para a descrição do espaço físico. Seus postulados, especialmente o quinto — o postulado das paralelas —, moldaram não apenas a matemática, mas também a filosofia natural e a física clássica. Todavia, no século XIX, surgiram questionamentos sistemáticos quanto à universalidade desses axiomas. Nesse contexto, a emergência das geometrias não euclidianas — formuladas por Gauss, Lobachevsky e Bolyai — revelou a possibilidade de geometrias alternativas, onde o quinto postulado não se aplica.

É nesse ambiente de efervescência teórica que Riemann introduz sua visão revolucionária. Em sua dissertação inaugural proferida em 1854, intitulada *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen* ("Sobre as Hipóteses que Estão na Base da Geometria"), Riemann propõe uma generalização radical da geometria ao introduzir o conceito de variedades diferenciáveis e de métricas intrínsecas. A ideia de que o espaço pode ser curvo, e que tal curvatura depende de propriedades internas, representou uma mudança ontológica profunda na concepção de espaço, abrindo caminho para a geometria diferencial moderna (Spivak, 1999; Stillwell, 1989).

A noção de variedade riemanniana permitiu formalizar matematicamente espaços de qualquer dimensão, dotados de estruturas que possibilitam medir distâncias, ângulos e volumes, mesmo em contextos de curvatura variável. Tais desenvolvimentos viriam a ser fundamentais para a formulação da Teoria da Relatividade Geral, na qual Einstein, em 1915, descreve a gravitação como consequência da curvatura do espaço-tempo — uma estrutura geométrica concebida nos moldes da matemática riemanniana (Graves, 2012; Greene, 2024).

Paralelamente às suas contribuições à geometria, Riemann também se destacou na análise complexa. Sua formulação da Hipótese de Riemann, apresentada em 1859, conecta os zeros da função zeta de Riemann à distribuição dos números primos, estabelecendo uma ponte profunda entre a análise e a teoria dos números (Titchmarsh; Heath-Brown, 1986). A hipótese, até hoje não demonstrada, figura como um dos sete Problemas do Milênio, instituídos pelo *Clay Mathematics Institute*, evidenciando seu caráter central para a matemática contemporânea (Edwards, 1974; Conrey, 2003).

Ademais, o pensamento riemanniano influenciou decisivamente o desenvolvimento da topologia, ao tratar de propriedades globais dos espaços, e da física teórica, ao fornecer instrumentos matemáticos para a descrição de campos e interações fundamentais. Como aponta Gray (2004), Riemann não apenas reformulou a geometria, mas também inaugurou uma nova metodologia científica, pautada na abstração, na generalização e na unificação de saberes.

Assim, este estudo se apoia em uma abordagem historiográfica e epistemológica, reconhecendo Riemann como uma figura-chave na transição da matemática clássica para a matemática moderna. Sua obra, ao transcender os limites da formalização tradicional, permanece como fonte inesgotável de inspiração e desafio intelectual, moldando, até os dias atuais, os rumos da investigação científica.

A INFLUÊNCIA RIEMANNIANA NA FÍSICA MODERNA E NA COSMOLOGIA

Para além de sua relevância intrínseca ao domínio matemático, a obra de Bernhard Riemann exerce profunda influência sobre os alicerces da física moderna, em especial no que tange à formulação das teorias que buscam descrever a estrutura do universo em suas múltiplas escalas. A aplicação da geometria riemanniana à física foi, sem dúvida, um dos momentos mais emblemáticos da confluência entre abstração matemática e realidade física, inaugurando uma nova era para a compreensão dos fenômenos naturais.

A Teoria da Relatividade Geral, apresentada por Albert Einstein em 1915, representa a consagração científica do pensamento riemanniano. Rompendo com a concepção newtoniana de gravitação como força atuante a distância, Einstein propõe que a presença de massa e energia deforma o tecido do espaço-tempo, o qual passa a ser entendido como uma variedade riemanniana de quatro dimensões, cuja curvatura dita a trajetória dos corpos (Einstein, 1999; Thorne; Misner; Wheeler, 2000). Esse modelo revolucionário, ao substituir o espaço absoluto por uma entidade dinâmica e maleável, só foi possível mediante a adoção das ferramentas matemáticas elaboradas por Riemann, em particular o tensor métrico e o conceito de curvatura seccional.

A geometria diferencial desenvolvida por Riemann, portanto, não se limitou ao plano teórico, mas foi transposta para o cerne das investigações cosmológicas, permitindo modelar cenários como a expansão do universo, os buracos negros e as ondas gravitacionais. De fato, soluções exatas das equações de campo de Einstein — como a métrica de Schwarzschild ou o modelo de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker — derivam diretamente da linguagem riemanniana, evidenciando sua imprescindibilidade na física contemporânea (Ryden, 2016).

Além disso, a cosmologia moderna, ao investigar a topologia global do universo, também recorre às ideias introduzidas por Riemann. A hipótese de que o cosmos pode possuir uma curvatura positiva, negativa ou nula — implicando, respectivamente, um universo fechado, aberto ou plano — é fundamentada na estrutura conceitual de sua geometria. Nesse sentido, as observações astronômicas do fundo cósmico de micro-ondas, realizadas por satélites como o WMAP e o Planck, visam precisamente determinar a curvatura do universo, utilizando parâmetros cuja formulação é herdeira direta da métrica riemanniana (Ryden, 2016).

Ainda mais recentemente, as teorias físicas que buscam unificar as interações fundamentais — como a teoria das cordas e a gravidade quântica em loop — continuam a depender de estruturas matemáticas análogas às variedades riemannianas, muitas vezes em espaços com mais de quatro dimensões, reforçando a atualidade e a fertilidade do pensamento de Riemann.

Desse modo, evidencia-se que a influência riemanniana transcende os limites da matemática pura, projetando-se de maneira decisiva sobre a construção do conhecimento físico-cósmico. A abstração geométrica formulada no século XIX tornou-se a linguagem necessária para descrever a realidade quadridimensional do espaço-tempo e para especular sobre dimensões superiores que podem compor a tessitura última do universo. Tal permanência e centralidade do legado de Riemann demonstram não apenas sua genialidade, mas também a potência transformadora da matemática como instrumento de leitura e modelagem do real.

EPISTEMOLOGIA E ABSTRAÇÃO NA OBRA DE RIEMANN: UMA REVOLUÇÃO CONCEITUAL

Para além das contribuições à geometria e à física, a obra de Bernhard Riemann deve ser compreendida, também, como um marco epistemológico que redefine os fundamentos da produção do conhecimento matemático. Riemann não apenas propôs novos conceitos e estruturas; ele desafiou os próprios pressupostos que sustentavam a matemática como ciência dedutiva, inaugurando uma nova postura quanto à natureza dos objetos matemáticos e ao papel da intuição na formulação teórica.

A dissertação de 1854, considerada por muitos como um dos textos mais visionários da história da ciência, não se limita à exposição de resultados formais. Riemann inicia sua conferência com uma reflexão profunda sobre o estatuto das “hipóteses” que sustentam a geometria, distinguindo entre aquelas que são derivadas da experiência empírica e aquelas que pertencem ao domínio da razão pura. Nesse sentido, antecipa discussões que viriam a ser sistematizadas no século XX por epistemólogos como Hans Reichenbach e Imre Lakatos, ao questionar até que ponto a geometria é uma ciência empírica ou uma construção lógica abstrata (Kline, 1980; Lakatos, 2015).

Sua postura epistemológica rompe com o racionalismo dogmático herdado de Euclides e, posteriormente, de Kant, que afirmava a geometria como conhecimento sintético a priori. Riemann propõe, de modo inovador, que os axiomas da geometria devem ser escolhidos com base em sua capacidade explicativa e na coerência lógica de seus desdobramentos — uma visão que abre espaço para uma matemática plural, onde múltiplas geometrias podem coexistir como construções válidas dentro de sistemas axiomáticos distintos (Kline, 1980; Lakatos, 2015).

Essa abertura ao abstrato e ao hipotético permitiu que a matemática do século XIX deixasse de estar estritamente vinculada à intuição sensível do espaço físico e passasse a explorar territórios conceituais mais amplos, nos quais a imaginação e a formalização rigorosa desempenham papéis complementares. A ideia de variedades, por exemplo, rompe com qualquer visualização direta do espaço, exigindo uma nova forma de pensamento — uma matemática que, nas palavras de Riemann, não parte da experiência, mas se dirige a ela como um possível campo de aplicação (Riemann, 1988).

Ao enfatizar o caráter estrutural dos sistemas matemáticos, Riemann antecipa o advento da matemática estruturalista do século XX, como aquela desenvolvida por Bourbaki e influenciada por Hilbert e Eilenberg. Sua obra, assim, pode ser vista como precursora de uma virada epistemológica que desloca o foco da matemática dos objetos para as relações, das entidades fixas para as transformações e das formas intuitivas para as estruturas abstratas.

Portanto, compreender a profundidade do pensamento riemanniano exige ir além de suas aplicações práticas ou de seus desdobramentos científicos. É necessário reconhecer a radicalidade filosófica de sua abordagem, que propôs uma matemática fundada na liberdade criadora da razão, na relatividade dos axiomas e na construção de mundos possíveis — uma visão que ampliou os horizontes da ciência e reafirmou a autonomia da matemática como forma superior de conhecimento.

A FORMALIZAÇÃO DA GEOMETRIA DIFERENCIAL

A contribuição de Riemann para a Matemática, em especial no campo da geometria diferencial, representa uma inflexão paradigmática na maneira como os matemáticos passaram a conceber e operar com estruturas espaciais. Distanciando-se das noções euclidianas, Riemann introduziu um aparato teórico sofisticado que permitiu a análise de espaços dotados de curvatura variável, independentemente de qualquer referência ao espaço tridimensional sensível. Essa abordagem abstrai e generaliza a noção de superfície, culminando na formulação de variedades diferenciáveis e estruturas métricas locais.

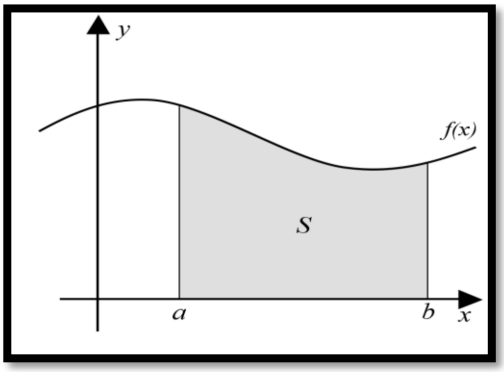
Um dos conceitos centrais introduzidos por Riemann é o de variedade n-dimensional, definida localmente por coordenadas que satisfazem determinadas condições de diferenciabilidade. A variedade, nesse contexto, é um espaço que pode ser mapeado, em vizinhanças suficientemente pequenas, sobre espaços euclidianos, embora sua estrutura global possa apresentar curvaturas e topologias não triviais. Com isso, Riemann fornece uma estrutura matemática para estudar não apenas superfícies (como Gauss já o fazia), mas espaços de qualquer dimensão, inclusive superiores a três — um salto conceitual notável para a época (Do Carmo; Flaherty Francis, 1992).

Outro marco de sua formulação é a introdução da métrica riemanniana, um tensor simétrico de segunda ordem que, atribuído a cada ponto da variedade, define um produto interno no espaço tangente. Essa métrica permite medir comprimentos, ângulos e áreas em espaços que não são necessariamente planos, generalizando o teorema de Pitágoras para geometrias arbitrárias. Com ela, é possível formalizar o conceito de curva geodésica — a trajetória de menor comprimento entre dois pontos locais — o que, além de importância teórica, tem aplicações diretas em física e engenharia (Spivak, 1999; Do Carmo; Flaherty Francis, 1992).

A partir da métrica, Riemann deduziu a noção de curvatura seccional, medida da curvatura de uma superfície bidimensional contida no espaço tangente da variedade. Essa ideia foi posteriormente refinada por matemáticos como Ricci e Levi-Civita (1900), que desenvolveram o tensor de curvatura (ou curvatura de Riemann), capaz de expressar, de forma precisa, a maneira como o espaço se deforma em diferentes direções. Essa ferramenta tornou-se central não apenas na geometria, mas também na formulação das equações de campo da relatividade geral de Einstein.

No campo da análise matemática, Riemann também estendeu o estudo de funções em múltiplas variáveis, antecipando o desenvolvimento do cálculo em variedades e do conceito de integração sobre domínios generalizados. Sua abordagem à análise complexa, por meio das chamadas superfícies de Riemann, fornece um arcabouço para tratar funções multivaloradas, como a função logarítmica ou a raiz quadrada, resolvendo elegantemente suas ambiguidades de ramificação (Spivak, 1999; Do Carmo; Flaherty Francis, 1992 Stillwell, 1989).

Figura 2: Integral como área sob uma curva.



Fonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

A formalização riemanniana da geometria diferencial não apenas ampliou a capacidade da matemática de descrever espaços abstratos e generalizados, mas também forneceu ferramentas rigorosas e versáteis para o desenvolvimento de outras áreas do saber. A elegância, a generalidade e a profundidade de suas formulações continuam sendo objeto de estudo e inspiração, e sua linguagem tornou-se parte essencial do vocabulário matemático moderno, especialmente nas áreas de topologia, análise global e matemática aplicada.

DESENHO METODOLÓGICO

O presente estudo inscreve-se no âmbito de uma pesquisa de cunho teórico-bibliográfico, de natureza qualitativa, cujo objetivo central consiste em analisar, descrever e refletir criticamente sobre as contribuições matemáticas de Bernhard Riemann, com ênfase na gênese e no desenvolvimento de sua geometria diferencial, bem como nos desdobramentos conceituais e epistemológicos de sua obra. Adotou-se como abordagem metodológica a análise bibliográfica e interpretativa de fontes secundárias, centrando-se na articulação entre os aspectos históricos, matemáticos e filosóficos do pensamento riemanniano.

A natureza interdisciplinar desta investigação — que combina história da matemática, análise epistemológica e geometria diferencial — ecoa a recomendação de Bogdan e Biklen (2003) sobre a flexibilidade metodológica necessária para estudar fenômenos multidimensionais, como o legado de Riemann.

Como material da pesquisa, foram selecionados textos de Riemann, notadamente sua célebre dissertação inaugural apresentada em 1854 — "Sobre as Hipóteses que Servem de Fundamento à Geometria" — além de obras e compilações matemáticas que comentam e expandem seus conceitos fundamentais. Também foram consideradas análises contemporâneas que interpretam, sob diferentes enfoques, o impacto das ideias de Riemann no desenvolvimento da matemática moderna, da física teórica e da epistemologia científica.

A investigação foi estruturada a partir de três eixos de análise: (i) o contexto histórico-científico no qual se insere a produção riemanniana, buscando compreender as tensões e rupturas com a tradição euclidiana e kantiana; (ii) a exposição e explicitação dos conceitos centrais de sua geometria diferencial, com ênfase em noções como variedades, métricas, curvatura e estruturas locais; e (iii) a reflexão teórica sobre as implicações epistemológicas e filosóficas de sua abordagem matemática, especialmente no que diz respeito à formalização do espaço, à abstração matemática e ao papel da intuição na construção científica.

A análise dos materiais foi conduzida por meio de leitura crítica e exegese conceitual, priorizando a fidelidade ao pensamento original de Riemann e a coerência interna dos argumentos. A triangulação das fontes permitiu identificar convergências, tensões e influências que perpassam sua obra e a tradição matemática subsequente. A metodologia adotada, portanto, não se limita à descrição histórica, mas assume uma postura interpretativa, orientada pela busca de sentidos e articulações teóricas que evidenciem a originalidade e a atualidade do pensamento riemanniano.

Assim, o estudo propõe-se não apenas a sistematizar os aportes de Riemann à matemática, mas também a evidenciar como sua visão de espaço, forma e estrutura se desdobrou em novas perspectivas para a ciência contemporânea, ampliando os horizontes da geometria e do conhecimento humano sobre a realidade.

ANÁLISE DOS DADOS

A análise das contribuições de Bernhard Riemann revela um pensamento profundamente inovador, cuja complexidade teórica alterou substancialmente os rumos da matemática e da física no século XIX e nos séculos subsequentes. Riemann rompeu com o paradigma geométrico clássico, ancorado nos postulados de Euclides, ao propor um novo modelo de compreensão do espaço — não mais concebido como absoluto, plano e infinito, mas como uma entidade que pode possuir curvaturas variáveis e estruturas internas independentes da intuição sensível.

Sua dissertação inaugural de 1854 constitui um divisor de águas: nela, Riemann introduz o conceito de variedade diferenciável, permitindo a construção matemática de espaços de qualquer dimensão, nos quais se pode definir, por meio de uma métrica, distâncias, ângulos e outras grandezas locais. Este modelo abriu caminhos não apenas para o aprofundamento da geometria pura, mas também para a formulação de teorias físicas que descrevem a realidade com maior precisão (Riemann, 1988).

A métrica riemanniana, analisada com maior profundidade na seção teórica, é o instrumento fundamental que permite estudar a geometria intrínseca de um espaço, sem depender de um referencial externo. Essa concepção se opõe ao modelo newtoniano de espaço absoluto e antecipa, de modo surpreendente, as bases teóricas que sustentariam a Relatividade Geral de Einstein (2021). Ao assumir que a curvatura do espaço-tempo depende da distribuição de massa e energia, Einstein, mais de meio século depois, transformaria a métrica de Riemann em linguagem natural da física gravitacional.

Outro ponto de análise é a influência de Riemann na análise matemática e na teoria das funções complexas. Suas chamadas superfícies de Riemann fornecem uma estrutura geométrica para estudar funções multivaloradas, como a raiz quadrada ou o logaritmo, resolvendo ambiguidades topológicas por meio da sobreposição de folhas em domínios ramosos. Essa abordagem elegante não apenas solucionou dificuldades da época, mas também inspirou o desenvolvimento posterior da topologia algébrica e da análise global.

A célebre Hipótese de Riemann, formulada no contexto de seu estudo da distribuição dos números primos, permanece como um dos problemas mais desafiadores da matemática contemporânea. Sua veracidade ou falsidade implica profundas consequências para a Teoria dos Números e para a segurança de sistemas criptográficos modernos. Mesmo sendo uma conjectura ainda não resolvida, ela é um testemunho da profundidade e do alcance da visão riemanniana, na medida em que conecta análise complexa, geometria e aritmética de forma singular (Conrey, 2003; Stewart, 2014).

Do ponto de vista epistemológico, Riemann inaugura uma nova forma de conceber o papel da matemática: mais do que uma linguagem para descrever o mundo físico, ela se torna um instrumento de invenção de estruturas conceituais que transcendem a experiência empírica imediata. O espaço, em Riemann, é uma construção intelectual, passível de diversas formas e propriedades, conforme os axiomas que o fundamentam. Essa ideia, posteriormente retomada por matemáticos como Hilbert e físicos como Weyl (1919), marca a transição de uma matemática intuitiva para uma matemática formal e estrutural.

Dessa forma, a análise realizada permite compreender que o legado de Riemann ultrapassa a matemática enquanto campo disciplinar, influenciando profundamente a ciência moderna em seu esforço por descrever, modelar e compreender a realidade. Suas ideias inauguraram não apenas novas teorias, mas também novas formas de pensar o conhecimento científico, reiterando a importância de abordagens teóricas que integrem intuição, formalismo e abstração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação evidenciou o caráter revolucionário das contribuições de Bernhard Riemann para a matemática e, por extensão, para a física teórica e a epistemologia da ciência. Ao romper com os paradigmas da geometria euclidiana e introduzir uma concepção ampliada e abstrata do espaço, Riemann inaugurou uma nova era do pensamento matemático, cuja influência se faz sentir até os dias atuais. Sua concepção de variedades e métricas diferenciáveis não apenas ampliou os horizontes da geometria, como também forneceu os alicerces formais para a formulação da Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein, demonstrando o poder preditivo e transformador da abstração matemática.

A análise empreendida ao longo deste trabalho demonstrou que o pensamento riemanniano não pode ser compreendido de forma compartimentalizada. Pelo contrário, sua obra estabelece pontes entre diversos domínios do saber: da geometria à topologia, da análise complexa à física gravitacional, da teoria dos números à epistemologia científica. Tal interdisciplinaridade é uma das marcas de sua genialidade, revelando um intelecto que soube conciliar rigor matemático, intuição geométrica e profundidade filosófica.

Além disso, a reflexão sobre a Hipótese de Riemann — ainda não resolvida — evidencia como seu legado permanece vivo, instigando matemáticos em busca de soluções para problemas centrais da teoria dos números e da estrutura dos sistemas matemáticos. A permanência dessa hipótese como um dos maiores enigmas da matemática moderna testemunha a atualidade e a perenidade de sua visão.

Do ponto de vista educacional e formativo, o estudo do pensamento de Riemann oferece uma oportunidade singular para desenvolver nos estudantes uma compreensão mais ampla da matemática como ciência viva, dinâmica e criativa. Ao contrário de uma disciplina estática e dogmática, a matemática revelada por Riemann é aberta à invenção, à dúvida e à imaginação conceitual.

Em síntese, este trabalho procurou não apenas revisitar os fundamentos da geometria riemanniana, mas também destacar a relevância de sua obra para a construção do saber científico moderno. Riemann demonstrou que a matemática, quando aliada à reflexão filosófica e à ousadia criativa, é capaz de moldar não apenas o conhecimento, mas a própria maneira como concebemos o universo. Seu legado transcende o tempo e continua a inspirar aqueles que, guiados pela curiosidade e pelo rigor, se dedicam à compreensão profunda das estruturas do real.

REFERÊNCIAS

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

CONREY, J. Brian. The Riemann Hypothesis. **Notices of the American Mathematical Society**, Providence, v. 50, n. 3, p. 341–353, 2003. Disponível em: https://empslocal.ex.ac.uk/people/staff/mrwatkin/zeta/conreyRH.pdf. Acesso em: 26 mar. 2025.

DO CARMO, Manfredo Perdigao; FLAHERTY FRANCIS, J. **Riemannian geometry.** Boston: Birkhäuser, 1992.

EDWARDS, Harold M. **Riemann's zeta function.** New York: Academic Press, 1974.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da relatividade especial e geral.** Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1999.

GRAVES, Robert. **The Greek myths.** London: Penguin Books, 2012.

GRAY, Jeremy. **Janos Bolyai, non-Euclidean geometry, and the nature of space.** Cambridge: MIT Press, 2004.

KLINE, Morris. **Mathematics:** the loss of certainty. New York: Oxford University Press, 1980.

LAKATOS, Imre. **Proofs and refutations:** the logic of mathematical discovery. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

GREENE, Brian. **The elegant universe:** superstrings, hidden dimensions, and the quest for the ultimate theory. New York: W. W. Norton, 2024.

RICCI, Gregorio; LEVI-CIVITA, Tullio. Méthodes de calcul différentiel absolu et leurs applications. **Mathematische Annalen**, Heidelberg, v. 54, p. 125–201, 1900.

RIEMANN, Georg Friedrich. Sobre as hipóteses que servem de fundamento à geometria. Tradução e introdução: Carlos Antonio Medeiros Saldanha. **Trans/Form/Ação**, v. 11, p. 89-99, 1988. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/trans/a/SMGpWd3nRpbn6hj3YWGZ7Lc/?lang=pt. Acesso em: 26 mar. 2025.

RUSSELL, Bertrand. **História do pensamento ocidental:** a aventura dos pré-socráticos a Wittgenstein. Nova Fronteira, 2025.

RYDEN, Barbara. **Introduction to modern cosmology.** 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2016.

SPIVAK, Michael. **A Comprehensive Introduction to Differential Geometry** –

Vol. III. Publish or Perish, 1999.

STEWART, Ian. **Os maiores problemas matemáticos de todos os tempos.** São Paulo: Companhia das Letras, 2014.

STILLWELL, John; STILLWELL, J. **Mathematics and its history.** New York: Springer, 1989.

TITCHMARSH, E. C.; HEATH-BROWN, D. R. **The theory of the Riemann Zeta-function.** Oxford: Clarendon Press, 1986.

THORNE, Kip S.; MISNER, Charles W.; WHEELER, John Archibald. **Gravitation.** San Francisco: W. H. Freeman and Company, 2000.

WEYL, Hermann. Space, time, matter. **Hand**, v. 22, n. 1, p. 33, 1919.

CAPÍTULO VI

DAVID HILBERT: A BUSCA PELOS FUNDAMENTOS DA MATEMÁTICA

Maurício Aires Vieira [21]
Rildo Alves do Nascimento [22]
Itamara Cristina Dal Bello [23]
Fabiano da Conceição Rêgo [24]

DOI-capítulo: 10.47538/AC-2025.15-06

RESUMO: Neste capítulo, analisa-se a trajetória e a vasta influência de David Hilbert, uma das figuras mais proeminentes da matemática no século XX e pilar do formalismo matemático. A obra destaca seu célebre programa de fundamentação, cuja ambição era garantir a consistência, a completude e a segurança lógica dos sistemas matemáticos por meio de métodos axiomáticos e formais. São detalhadas suas contribuições em diversos campos, incluindo a geometria axiomática, a teoria dos invariantes e a álgebra. Especial atenção é dada aos 23 problemas propostos por Hilbert no Congresso Internacional de Matemáticos em 1900, desafios que moldaram o rumo da pesquisa matemática ao longo do século. O capítulo também examina a tensão provocada pelos Teoremas da Incompletude de Kurt Gödel, que abalaram as pretensões do projeto hilbertiano. Além da análise técnica, o texto reflete sobre a filosofia otimista de Hilbert, que via a matemática como uma linguagem universal capaz de descrever o mundo com precisão e clareza. Ressalta-se ainda a atualidade de seu legado na lógica, na Computação e na Matemática contemporânea.

PALAVRAS-CHAVE: Problemas de Hilbert. Consistência. Filosofia de Hilbert. Formalismo.

INTRODUÇÃO

A matemática, ao longo de sua história, tem se constituído como um campo do saber que busca incessantemente a clareza, a precisão e a universalidade. No alvorecer do século XX, esse ideal de rigor encontrou expressão paradigmática na figura de David Hilbert, cuja obra se inscreve como um marco na trajetória da matemática moderna. O presente artigo propõe-se a analisar criticamente a contribuição desse eminente matemático alemão, cuja atuação transformou profundamente as bases epistemológicas da disciplina.

21 Doutor em Educação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS. mauriciovieira@unipampa.edu.br.
22 Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática. Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. rildo.alves23@gmail.com.
23 Mestra em Matemática. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. itamara.bello@edu.mt.gov.br.
24 Mestre em Matemática. Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). fabianomatematica@gmail.com.

A problematização que orienta esta investigação reside na tensão entre o desejo de edificar uma matemática segura e logicamente imune a contradições, conforme os preceitos do formalismo hilbertiano, e as limitações internas do próprio sistema, evidenciadas pelos Teoremas da Incompletude de Kurt Gödel. Esse dilema epistemológico suscitou uma série de debates filosóficos e matemáticos que ecoam até os dias atuais, demandando reflexão sobre a possibilidade – ou impossibilidade – de uma fundamentação última e definitiva da matemática.

Neste contexto, indaga-se: em que medida o programa de Hilbert contribuiu para a consolidação dos fundamentos da matemática e quais foram os impactos teóricos e epistemológicos das objeções suscitadas por Gödel? Essa questão norteia o exame crítico do legado hilbertiano, cuja abrangência ultrapassa os limites da matemática pura e adentra os domínios da lógica, da filosofia e da computação.

Do ponto de vista teórico, este artigo pauta-se na análise do formalismo, corrente que busca sustentar a validade da matemática sobre sistemas axiomáticos rigorosos, alheios a interpretações semânticas. A obra de Hilbert, sobretudo a *Grundlagen der Geometrie* e o célebre conjunto dos 23 problemas apresentados no Congresso Internacional de Matemáticos de 1900, representa uma virada metodológica que reposiciona a matemática como ciência formal por excelência. Entretanto, os limites desse projeto tornaram-se evidentes com os resultados de Gödel, que demonstraram a impossibilidade de provar, dentro de qualquer sistema formal suficientemente poderoso, a sua própria consistência e completude.

A pesquisa ora apresentada baseia-se em uma análise bibliográfica crítica e interpretativa, buscando evidenciar as nuances filosóficas, lógicas e matemáticas do pensamento de Hilbert. Tal abordagem qualitativa permite explorar o entrelaçamento entre os aspectos técnicos de sua produção e as motivações filosóficas que a impulsionaram.

A justificativa deste estudo reside na relevância histórica e atual da figura de Hilbert para a compreensão dos fundamentos da matemática. Sua proposta não apenas redefiniu o fazer matemático de sua época, como também ofereceu subsídios teóricos para o surgimento da lógica matemática moderna e da ciência da computação. Discutir seu legado é, portanto, revisitar uma etapa crucial da história da ciência e refletir sobre os limites do conhecimento formalizado.

O objetivo deste trabalho é analisar a trajetória intelectual de David Hilbert, com ênfase em seu programa de fundamentação da matemática, avaliando as implicações epistemológicas decorrentes de sua proposta e os desdobramentos advindos dos Teoremas da Incompletude. Busca-se, assim, delinear a permanência de seu pensamento na construção do saber lógico-matemático contemporâneo.

Sob o ponto de vista metodológico, a investigação recorre à análise bibliográfica, articulando-o a outros referenciais históricos e filosóficos pertinentes. Por meio dessa leitura crítica, pretende-se lançar luz sobre os principais eixos do formalismo hilbertiano e sua relevância nos debates contemporâneos sobre os fundamentos da matemática.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Boyer e Merzbach (2019) ressaltam que a infância de Hilbert em Königsberg, cidade marcada pelo legado kantiano, e sua formação na Universidade local - onde cultivou amizades intelectuais decisivas, como a de Hermann Minkowski - foram fundamentais para desenvolver sua visão unificadora da matemática. Diferente de muitos contemporâneos, Hilbert não se limitava a especialidades isoladas: sua transição da teoria dos invariantes algébricos para os fundamentos da geometria e depois para a física matemática revela uma mente que via a disciplina como organismo vivo, cujas conexões internas precisavam ser desvendadas. Essa característica, somada à sua lendária capacidade de concentração (contam os autores que podia trabalhar horas imerso em problemas complexos, alheio ao mundo exterior), explica como transformou cada área que abordou, sempre guiado pela convicção de que "devemos saber - saberemos", seu lema pessoal que sintetizava o otimismo racionalista de toda uma era.

Como destacam Boyer e Merzbach (2019), a trajetória de David Hilbert não se limitou à abstração pura, mas foi profundamente moldada pelo contexto intelectual da Universidade de Göttingen, onde a intersecção entre matemática, física e filosofia floresceu no final do século XIX. Sua formação eclética — que incluía desde a teoria dos invariantes até a física teórica — revela um pensador que transcendia as fronteiras disciplinares, enxergando na axiomatização não apenas um método lógico, mas uma ferramenta para unificar o conhecimento. Essa visão holística, aliada a uma habilidade singular para identificar problemas centrais, explica por que Hilbert, mesmo sem ser um "produtor de teoremas" no sentido convencional, tornou-se o arquiteto de uma nova era matemática, cujos alicerces ainda sustentam pesquisas contemporâneas.

Figura 1: David Hilbert.

Fonte: Britannica.

A construção dos fundamentos da matemática constitui uma das empreitadas mais ambiciosas do pensamento científico moderno. Nesse cenário, destaca-se a figura de David Hilbert, cuja atuação, entre o final do século XIX e o início do século XX, representa um divisor de águas na consolidação da matemática como ciência formal. O formalismo, corrente à qual Hilbert se filiou e que em grande medida ajudou a estabelecer, almejava conferir à matemática um estatuto de rigor absoluto, a partir da estruturação de sistemas axiomáticos capazes de garantir a consistência e a completude das teorias matemáticas.

Hilbert propôs um programa sistemático de fundamentação, o chamado Programa de Hilbert, que tinha por objetivo demonstrar que toda a matemática poderia ser reduzida a um conjunto finito de axiomas e regras de inferência formais, passíveis de serem manipulados de forma mecânica, sem apelo à intuição ou ao conteúdo semântico das proposições. Para tanto, fazia-se necessário não apenas estabelecer sistemas axiomáticos consistentes, mas também provar, por métodos finitos e formais, que tais sistemas não geravam contradições internas. Essa concepção encontrava ressonância na crença de Hilbert na universalidade e na completude da linguagem matemática, a qual ele via como instrumento privilegiado para a descrição lógica do real.

No entanto, a robustez do formalismo hilbertiano foi desafiada pela obra de Kurt Gödel (1931), que demonstrou seus Teoremas da Incompletude, provando que, em qualquer sistema formal suficientemente expressivo para incluir a aritmética, existem proposições verdadeiras que não podem ser demonstradas dentro do próprio sistema, e que a consistência do sistema não pode ser provada por seus próprios meios. Esses resultados abalaram profundamente o otimismo epistemológico de Hilbert, evidenciando que o sonho de fundamentar a matemática com absoluta certeza estava comprometido por limites inerentes à própria estrutura lógica dos sistemas formais.

Não obstante os impactos dos teoremas de Gödel, o legado de Hilbert permanece de extrema relevância. Sua abordagem axiomática da geometria, por exemplo, apresentada na obra *Grundlagen der Geometrie* (1899), estabeleceu novos padrões de rigor lógico e clareza conceitual, servindo de modelo para o desenvolvimento posterior da lógica matemática e da teoria dos modelos (Volkert, 2015). Além disso, os 23 problemas de Hilbert, apresentados no Congresso Internacional de Matemáticos de Paris em 1900, exerceram profunda influência sobre o direcionamento da pesquisa matemática ao longo do século XX, suscitando investigações que contribuíram decisivamente para o avanço de diversas áreas do saber, como a teoria dos números, a topologia, a análise funcional e a álgebra (Hilbert, 1902; Sieg, 1999).

Segundo Corry (2003), o formalismo de Hilbert não se limitava a um projeto técnico, mas era também expressão de uma visão filosófica otimista, que concebia a matemática como campo racional e estruturado, capaz de promover o progresso do conhecimento com base em princípios firmes e universais. Tal perspectiva coaduna-se com o ideal científico moderno, que busca no rigor formal a legitimação do saber.

A partir dessa base teórica, este artigo compreende o pensamento hilbertiano como um marco na história da matemática, cuja influência extrapola os limites da própria disciplina, alcançando áreas como a filosofia da ciência e a computação. Sua tentativa de sistematizar os fundamentos da matemática serviu de impulso para o desenvolvimento da lógica simbólica, dos sistemas formais e, posteriormente, da ciência da computação, especialmente no que concerne aos estudos sobre decidibilidade, algoritmos e linguagens formais.

Desse modo, o referencial teórico aqui mobilizado repousa sobre a análise do formalismo matemático, da lógica dedutiva e dos limites epistemológicos da fundamentação, conforme delineados por Hilbert e problematizados por Gödel, sem perder de vista os desdobramentos contemporâneos desse debate, que ainda hoje repercutem na estruturação do saber matemático.

A FORMALIZAÇÃO DA MATEMÁTICA E OS SISTEMAS AXIOMÁTICOS

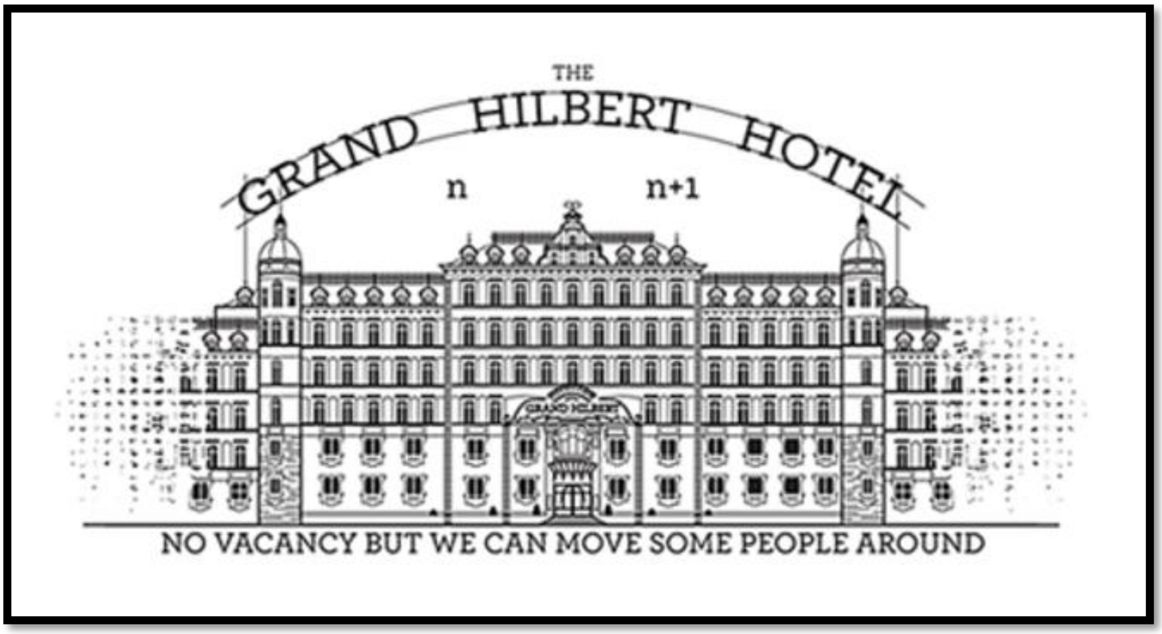
A formalização da matemática, como proposta por Hilbert, insere-se num contexto histórico de crescente preocupação com o rigor e a clareza das demonstrações, especialmente após as crises de fundamentos do século XIX, provocadas por paradoxos surgidos no seio da teoria dos conjuntos. Tal movimento buscava não apenas restaurar a confiança na matemática como ciência exata, mas também reformular suas bases em termos puramente sintáticos, desvinculadas de qualquer conteúdo intuitivo ou empírico. Nesse sentido, a matematização do pensamento matemático representou não apenas um refinamento técnico, mas uma reestruturação conceitual profunda (Sieg, 1999; Gray, 2000; Corry, 2003; Smoryński, 1977).

Em termos estritamente matemáticos, a proposta hilbertiana consiste na construção de sistemas axiomáticos completos, consistentes e independentes, em que todos os teoremas se derivem, por regras de inferência formais, a partir de um conjunto finito de axiomas bem definidos. Para tal, é necessário que cada símbolo, proposição e operação seja cuidadosamente especificado, e que o sistema seja manipulado segundo princípios dedutivos rigorosos, como os da lógica de predicados de primeira ordem.

Essa formalização não implicava uma negação da intuição matemática, mas sim sua subordinação aos procedimentos formais. A aritmética, por exemplo, deveria ser reconstruída com base em axiomas explícitos (como os de Peano) e suas propriedades demonstradas de forma puramente lógica. O objetivo era garantir que a matemática se desenvolvesse como uma máquina dedutiva autossuficiente, onde a validade das proposições decorresse unicamente de sua forma, e não de qualquer significado externo.

Um dos exemplos mais notáveis utilizados para ilustrar as implicações contraintuitivas do infinito em matemática é o conhecido Paradoxo do Hotel de Hilbert, formulado por David Hilbert com o intuito de explicar, de maneira didática, as propriedades peculiares dos conjuntos infinitos. No paradoxo, imagina-se um hotel com infinitos quartos numerados, todos ocupados, mas que ainda assim consegue acomodar novos hóspedes por meio de realocações sistemáticas — como mover o ocupante do quarto 1 para o quarto 2, do 2 para o 3 e assim sucessivamente, abrindo espaço no primeiro quarto para um novo cliente. Essa construção metafórica demonstra que o infinito, quando tratado matematicamente, desafia as intuições do senso comum e revela a complexidade dos conceitos envolvidos na teoria dos conjuntos. O paradoxo evidencia a necessidade de um tratamento rigoroso e formal do infinito, tal como proposto nos programas de fundamentação da matemática idealizados por Hilbert e continuados no âmbito da lógica matemática (Boyer; Merzbach, 2019).

Figura 2: Hotel de Hilbert.



Fonte: http://clubes.obmep.org.br/blog.

Uma das inovações metodológicas centrais foi a distinção entre matemática objeto e metamatemática. Enquanto a primeira consiste nos próprios sistemas formais a serem estudados (como a aritmética ou a geometria), a segunda se refere à análise lógica desses sistemas, incluindo a prova de suas propriedades fundamentais, como consistência e completude. A metamatemática, portanto, opera num nível superior, examinando os sistemas formais como objetos passíveis de investigação, por meio de regras também formalizadas, mas situadas em um metassistema finito e decidível.

A importância dessa distinção manifesta-se, por exemplo, nas tentativas de provar a consistência dos sistemas formais sem recorrer a métodos infinitos ou semânticos. Hilbert acreditava que tais provas poderiam ser realizadas por meio de técnicas finitas, o que culminou no desenvolvimento de uma lógica formal mais robusta, com notações e procedimentos mecânicos que anteciparam, em certa medida, os fundamentos da computação moderna.

Entretanto, os limites dessa abordagem tornaram-se evidentes com os resultados de Gödel e, posteriormente, com os trabalhos de Turing (1936) e Church (1936), que demonstraram a indecidibilidade de certos problemas e a existência de funções não computáveis. Ainda assim, o formalismo permaneceu como uma das matrizes fundamentais da matemática contemporânea, influenciando a teoria da prova, os sistemas de reescrita, a teoria dos tipos e a lógica computacional.

É notório que a estruturação axiomática não se restringe à aritmética ou à lógica, mas permeia áreas como a álgebra abstrata, a topologia e a análise funcional. A álgebra moderna, por exemplo, desenvolveu-se a partir de estruturas axiomáticas como grupos, anéis e corpos, cujas propriedades são derivadas exclusivamente a partir de axiomas definidos com precisão. Da mesma forma, em geometria, a abordagem de Hilbert substituiu a geometria euclidiana tradicional por um sistema formal, em que conceitos como ponto, reta e plano são tratados como entidades primitivas, sem necessidade de definição intuitiva.

Assim, a formalização promovida por Hilbert não apenas redefiniu os critérios de validade dentro da matemática, mas também abriu caminho para um novo paradigma: o da matemática como linguagem simbólica rigorosa, estruturada em sistemas de regras manipuláveis e verificáveis. Tal perspectiva continua a exercer papel central na matemática contemporânea, especialmente nas áreas que lidam com fundamentos, lógica matemática e teoria da computação, configurando-se como um legado vivo e em constante expansão.

OS PROBLEMAS DE HILBERT E A DINÂMICA DA PESQUISA MATEMÁTICA NO SÉCULO XX

A apresentação dos 23 problemas matemáticos por David Hilbert, durante o Congresso Internacional de Matemáticos de 1900 em Paris, representa um marco decisivo para a orientação da pesquisa matemática no século XX. Mais do que um simples conjunto de questões técnicas, os problemas formulados por Hilbert constituíram uma espécie de "programa de pesquisa" que catalisou o progresso em diversas áreas da matemática, funcionando como um mapa epistêmico para as gerações subsequentes de matemáticos (Gray, 2000).

Cada problema hilbertiano, ainda que específico em seu enunciado, está vinculado a grandes temas estruturantes da matemática: da teoria dos números à análise real, da geometria algébrica à teoria dos corpos de funções, passando por aspectos profundos da lógica matemática e da física teórica. A formulação de tais problemas revela a concepção de Hilbert acerca da matemática como um organismo vivo, em constante expansão, cujo desenvolvimento depende de desafios bem definidos, capazes de mobilizar esforços coletivos e promover novas teorias (Corry, 2003).

Além de sua função heurística, os problemas de Hilbert também possuem um valor epistemológico significativo, pois promovem uma visão da matemática como campo em permanente tensionamento entre conjectura e prova, entre criatividade e rigor. Muitos desses problemas, como o de número 1 (relativo à hipótese do continuum), o problema 6 (sobre a axiomatização da física) ou o problema 10 (concernente à decidibilidade de equações diofantinas), continuam a desempenhar papel central nos debates teóricos contemporâneos, influenciando áreas como a lógica computacional, a teoria dos autômatos e a análise estrutural da matemática (Smoryński, 1977).

A resolução parcial, completa ou a reformulação desses problemas ao longo do século XX revela também a flexibilidade do pensamento matemático e sua abertura para novas abordagens. A solução negativa do décimo problema, por exemplo, estabelecida por Yuri Matiyasevich em 1970, com base nos trabalhos de Davis, Putnam e Robinson, não apenas respondeu a uma questão milenar, como também ampliou os horizontes da teoria da computabilidade, mostrando que certas questões algébricas fundamentais não são resolúveis por algoritmos (Davis, 1973).

Por outro lado, alguns dos problemas propostos por Hilbert resistem até hoje a soluções definitivas, como é o caso da hipótese de Riemann, cuja resolução é considerada crucial para a compreensão da distribuição dos números primos e para a estrutura da análise complexa. A persistência de tais desafios revela tanto a profundidade das questões envolvidas quanto a capacidade dos problemas hilbertianos de estimular novas técnicas, métodos e paradigmas matemáticos.

Portanto, os Problemas de Hilbert não são apenas monumentos históricos, mas vetores dinâmicos que configuraram — e continuam a configurar — o espírito investigativo da matemática. Constituem um modelo exemplar de como a delimitação clara de questões pode impulsionar o conhecimento científico, reafirmando a tese hilbertiana de que a matemática avança pela resolução progressiva de dificuldades e pela construção coerente de teorias que respondam aos enigmas fundamentais da razão.

O FORMALISMO HILBERTIANO E OS FUNDAMENTOS DA LÓGICA E DA COMPUTAÇÃO

O formalismo proposto por David Hilbert não apenas moldou os rumos da matemática pura, como também forneceu as bases conceituais para o desenvolvimento da lógica matemática moderna e, por conseguinte, dos fundamentos teóricos da ciência da computação. A ambição hilbertiana de estabelecer um edifício matemático inteiramente fundado sobre sistemas formais coerentes, completos e decidíveis, inaugurou uma nova era na epistemologia da matemática, em que os conceitos de prova, consistência e decidibilidade passaram a ser formalizados por meio de linguagens simbólicas e regras de inferência bem definidas (Hilbert; Ackermann, 1928).

O impacto dessa postura formalista foi especialmente sentido na emergência da metamatemática, campo que visa estudar os próprios sistemas matemáticos de forma estrutural. A exigência de Hilbert por demonstrações finitas e mecanicamente verificáveis fomentou investigações que levaram diretamente ao surgimento da teoria da prova (*proof theory*) e da teoria da recursão, pilares sobre os quais se erguem os modelos teóricos da computação moderna (Turing, 1936; Kleene, 1952).

A concepção de Hilbert de que todo problema matemático deveria, em princípio, ser resolvível por um procedimento finito e sistemático encontra eco direto na formulação do conceito de algoritmo. Em particular, o modelo de máquina de Turing, concebido para formalizar a noção de computabilidade, pode ser entendido como uma resposta — ainda que negativa em alguns aspectos — ao ideal hilbertiano de decidibilidade. O famoso problema de decisão (*Entscheidungsproblem*), abordado por Hilbert e Ackermann, foi posteriormente provado indecidível por Alonzo Church e Alan Turing, estabelecendo os limites teóricos do que é computável (Church, 1936; Turing, 1936).

Não obstante, mesmo com os entraves impostos pelos teoremas de Gödel e pelas provas de indecidibilidade, o legado de Hilbert permanece central na arquitetura da lógica formal e da computação. Linguagens de programação, compiladores, verificadores de prova automática e sistemas formais de inteligência artificial baseiam-se, direta ou indiretamente, em princípios estabelecidos pelo formalismo hilbertiano. Como ressalta Sieg (1999), a visão de Hilbert inspirou a idealização de procedimentos mecânicos que constituem o coração do pensamento computacional contemporâneo.

Dessa forma, pode-se afirmar que, embora os objetivos iniciais do programa de Hilbert tenham sido parcial ou totalmente inviabilizados por descobertas posteriores, sua influência na estruturação de uma matemática rigorosa e no nascimento da ciência computacional é incontestável. O formalismo hilbertiano, ao enfatizar a clareza, a precisão sintática e a estrutura axiomática, lançou os fundamentos de uma racionalidade operatória que transcende a matemática, atingindo a lógica, a filosofia e a tecnologia digital.

METODOLOGIA

Segundo Marconi e Lakatos (2017), a pesquisa científica pressupõe a adoção de procedimentos sistemáticos e racionais para a investigação de fenômenos, com o objetivo de adquirir novos conhecimentos ou reafirmar os já existentes. A escolha da abordagem metodológica, portanto, deve estar alinhada aos objetivos propostos e ao objeto de estudo, garantindo coerência entre os instrumentos utilizados e os resultados esperados.

Desse modo, a presente investigação adota uma abordagem qualitativa, de natureza teórica e exploratória, fundamentada na análise bibliográfica e na hermenêutica crítica de fontes primárias e secundárias. O estudo insere-se no campo da História e Filosofia da Matemática, tendo como objeto central a trajetória intelectual de David Hilbert, com especial ênfase em sua proposta formalista e no impacto epistemológico dos seus 23 problemas apresentados no Congresso Internacional de Matemáticos em 1900.

A construção do corpus teórico fundamenta-se na seleção criteriosa de obras clássicas do próprio Hilbert, bem como em estudos interpretativos de reconhecida relevância acadêmica, a exemplo de Gray (2000), Corry (2003), Sieg (1999) e Smoryński (1977). A análise incluiu também artigos históricos e filosóficos publicados em periódicos especializados, além de traduções e comentários contemporâneos sobre os teoremas da incompletude de Gödel e os desenvolvimentos posteriores da lógica matemática e da computação teórica.

A metodologia adotada consistiu na leitura exaustiva e análise crítica dos textos, a fim de identificar os princípios estruturantes do pensamento hilbertiano e suas implicações para a constituição da matemática moderna. Utilizou-se como referencial de análise a hermenêutica filosófica, que permite compreender os textos dentro de seus respectivos contextos históricos e culturais, sem desconsiderar a atualidade e os desdobramentos conceituais que deles emergem (Gadamer, 1999).

A escolha por um estudo teórico justifica-se pela natureza do objeto, que exige uma compreensão profunda dos fundamentos filosóficos, lógicos e matemáticos subjacentes à obra de Hilbert e à tradição que se seguiu a partir de seu programa. Tal escolha metodológica não visa à mensuração empírica ou à experimentação, mas à interpretação crítica e à sistematização do conhecimento produzido historicamente sobre os fundamentos da matemática.

Por fim, a organização da pesquisa estruturou-se em quatro eixos temáticos: (i) a contextualização histórica e científica da obra de Hilbert; (ii) a formulação e os desdobramentos dos 23 problemas; (iii) a influência do formalismo hilbertiano na lógica e na computação; e (iv) as tensões geradas pelos teoremas de incompletude de Gödel. Esses eixos nortearam a análise teórica desenvolvida nas seções do artigo, de modo a garantir coerência interna e profundidade interpretativa.

ANALISANDO OS DADOS

A trajetória de David Hilbert permite evidenciar não apenas seu protagonismo na formalização da matemática moderna, mas também a profundidade filosófica de seu projeto fundacional. Sua proposta de erigir a matemática sobre bases axiomáticas rigorosas, mediante uma estrutura lógica livre de contradições, refletia um ideal de completude e segurança que ressoava com o espírito cientificista da virada do século XIX para o XX. Nesse sentido, o formalismo hilbertiano não se limitava a uma técnica de organização do saber matemático, mas constituía uma verdadeira epistemologia da exatidão, pautada na crença de que todo conhecimento matemático poderia ser derivado logicamente a partir de postulados bem definidos (Hilbert, 1902; Gray, 2000).

Ao propor os 23 problemas no Congresso Internacional de Matemáticos em 1900, Hilbert imprimiu uma agenda de pesquisa ambiciosa que ultrapassou os limites da matemática de sua época. Os desafios ali enunciados não apenas orientaram gerações subsequentes de matemáticos, como também revelaram os limites e possibilidades do próprio método axiomático. Problemas como a hipótese do contínuo, a consistência da aritmética e a decidibilidade dos sistemas matemáticos tornaram-se marcos fundadores de áreas como a teoria dos conjuntos, a lógica formal e a metamatemática (Corry, 2003).

Contudo, o otimismo epistemológico que sustentava o projeto hilbertiano encontrou limites rigorosos com a publicação dos teoremas da incompletude. Tais teoremas demonstraram que, em qualquer sistema formal suficientemente expressivo, haverá proposições que não podem ser provadas nem refutadas dentro do próprio sistema, e que a consistência desse sistema não pode ser provada por seus próprios meios. Esse resultado abala profundamente as aspirações do programa de Hilbert, evidenciando uma tensão entre o desejo de completude formal e os limites intrínsecos da lógica matemática (Gödel, 1931; Smoryński, 1977).

Entretanto, é preciso destacar que essa tensão não representa a falência do pensamento hilbertiano, mas sim sua fecundidade histórica. O confronto entre a proposta de Hilbert e os resultados de Gödel catalisou o surgimento de novas áreas de investigação, como a teoria da prova, a semântica formal e, posteriormente, a teoria da computação. Como bem observa Sieg (1999), o legado de Hilbert reside menos na realização plena de seu programa e mais na instauração de um novo modo de pensar a matemática — como um discurso regido por estruturas formais, analisável em seus próprios termos e passível de ser submetido a uma metarreflexão lógica.

Além disso, o ideal de mecanização do raciocínio matemático proposto por Hilbert abriu caminho para a formulação dos conceitos de algoritmo e computabilidade, que seriam formalizados por Turing (1936) e Church (1936) décadas mais tarde. Assim, embora os limites estabelecidos pela incompletude tenham evidenciado a impossibilidade de uma fundamentação absoluta, o formalismo hilbertiano permanece como o alicerce sobre o qual repousam não apenas os sistemas axiomáticos contemporâneos, mas também os fundamentos teóricos da lógica computacional e das linguagens formais.

Portanto, a análise evidencia que o projeto de Hilbert, embora tensionado por críticas e refutações parciais, constitui um dos momentos mais significativos da história da matemática. Sua herança perpassa não apenas a estrutura formal do pensamento matemático, mas também os modos de raciocínio lógico-operacional que hoje sustentam o desenvolvimento tecnológico e científico.

CONCLUSÃO

A trajetória intelectual de David Hilbert, tal como analisada ao longo deste estudo, revela-se como um marco decisivo na constituição da matemática moderna e na estruturação epistemológica de seus fundamentos. Seu programa formalista, centrado na busca pela consistência, completude e segurança lógica dos sistemas matemáticos, representou uma tentativa audaciosa de conferir à matemática um estatuto científico absoluto, isento de ambiguidades e sustentado por uma arquitetura rigorosamente axiomática.

A formulação dos 23 problemas no alvorecer do século XX não apenas delineou uma agenda de pesquisa profícua, como também provocou transformações paradigmáticas no pensamento matemático e filosófico. Embora o advento dos teoremas da incompletude tenha imposto limites intransponíveis ao projeto hilbertiano, tais resultados não devem ser interpretados como refutação, mas como desdobramentos dialéticos que impulsionaram a evolução do próprio campo da lógica e da metamatemática.

Hilbert, com sua filosofia otimista e crença na racionalidade como instrumento de elucidação do real, legou à ciência uma concepção de matemática como linguagem universal, passível de ser formalizada e analisada em seus próprios termos. Essa visão não apenas permanece viva no interior da matemática contemporânea, mas também se projeta nas ciências da computação, na teoria da prova e nas investigações sobre a natureza dos algoritmos e da decidibilidade.

A história da matemática é marcada por um diálogo incessante entre ambição e limite, entre a busca por fundamentos absolutos e a descoberta de que a razão, por mais rigorosa que seja, carrega em si a semente da incompletude. O projeto hilbertiano, em sua tentativa de erigir a matemática sobre bases axiomáticas incontestáveis, reflete o espírito moderno que sonhou com uma linguagem universal capaz de decifrar os mistérios do mundo.

No entanto, os teoremas de Gödel, ao revelarem as fronteiras intrínsecas dos sistemas formais, não destruíram esse sonho, mas o transformaram, lembrando-nos que o conhecimento avança não pela eliminação das contradições, mas pela aceitação de que a verdade matemática, como a científica, é um rio sempre em fluxo — às vezes previsível em seu curso, outras vezes transbordando em direções inesperadas. O legado de Hilbert, portanto, não reside apenas no que foi alcançado, mas no que permanece em aberto: um convite à humildade e à coragem, onde cada problema resolvido gera novas perguntas, e cada limite descoberto se torna o ponto de partida para outra jornada.

Conclui-se, portanto, que o impacto do pensamento hilbertiano transcende sua época e se inscreve de modo indelével na história das ideias. Sua obra convida-nos a refletir sobre os limites e as possibilidades da razão formal, e a reconhecer que o rigor, longe de anular a criatividade, constitui seu fundamento mais fértil. Estudos futuros poderão aprofundar ainda mais as conexões entre o legado de Hilbert e os desenvolvimentos recentes da inteligência artificial, da lógica computacional e da filosofia analítica, mantendo vivo o diálogo entre matemática, epistemologia e tecnologia.

REFERÊNCIAS

BOURBAKI, N. (1970). **Éléments de mathématique.** Paris: Hermann.

BOYER, Carl B.; MERZBACH, Uta C. **História da matemática.** Editora Blucher, 2019.

CHURCH, Alonzo. An unsolvable problem of elementary number theory. **American Journal of Mathematics**, v. 58, n. 2, p. 345–363, 1936.

CORRY, Leo. **Modern algebra and the rise of mathematical structures.** Basel: Birkhäuser, 2003.

Davis, Martin. Hilbert's Tenth Problem is Unsolvable. **The American Mathematical Monthly**, 80(3), 233–269, 1973. Disponível em: https://doi.org/10.1080/00029890.1973.11993265. Acesso: 20 mar. 2025.

GADAMER, Hans-Georg. **Verdade e método:** traços fundamentais de uma hermenêutica filosófica. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1999.

GÖDEL, Kurt. Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. **Monatshefte für Mathematik und Physik**, v. 38, n. 1, p. 173–198, 1931.

GRAY, Jeremy. **The Hilbert challenge.** Oxford: Oxford University Press, 2000.

HILBERT, David. Mathematical problems. **Bulletin of the American Mathematical Society**, v. 8, n. 10, p. 437–479, 1902.

Hilbert, D.; Ackermann, W. **Grundzüge der theoretischen Logik.** Berlin: Springer, 1928.

Kleene, S. C. **Introduction to Metamathematics.** Amsterdam: North-Holland, 1952.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

SIEG, Wilfried. Hilbert’s programs: 1917–1922. **Bulletin of Symbolic Logi**c, v. 5, n. 1, p. 1–44, 1999.

SMORYŃSKI, Craig. The incompleteness theorems. In: BARWISE, Jon (ed.). **Handbook of Mathematical Logic.** Amsterdam: North-Holland, 1977. p. 821–865.

TURING, Alan M. On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. **Proceedings of the London Mathematical Society**, v. 42, p. 230–265, 1936.

VOLKERT, Klaus (Ed.). **David Hilbert:** Grundlagen der Geometrie (Festschrift 1899). Springer Spektrum, 2015.

CAPÍTULO VII

BERTRAND RUSSELL: LÓGICA, FILOSOFIA E A BUSCA PELA VERDADE

Carlos Daniel Chaves Paiva [25]
Maurício Aires Vieira [26]
Rildo Alves do Nascimento [27]
Francisco de Assis Paulo Lima [28]

DOI-capítulo: 10.47538/AC-2025.15-07

RESUMO: Este trabalho investiga a trajetória multifacetada de Bertrand Russell, cuja obra integra de forma singular a lógica, a matemática e a filosofia, consolidando-o como um dos grandes pensadores do século XX. A análise centra-se em sua busca por fundamentar a matemática na lógica, esforço materializado na obra *Principia Mathematica*, desenvolvida em parceria com Alfred North Whitehead, marco da filosofia analítica. O texto examina as críticas de Russell aos paradoxos da teoria ingênua dos conjuntos e sua formulação da "teoria dos tipos" como solução estrutural para evitar contradições lógicas. Além de suas contribuições matemáticas, o capítulo aborda suas reflexões filosóficas sobre o empirismo, a epistemologia e o papel da razão na construção do conhecimento científico. Discute-se, ainda, sua intensa participação nos debates sociais e políticos do século XX, marcada pelo pacifismo, pela luta pelos direitos humanos e pela defesa intransigente da liberdade de expressão. Ademais, destaca-se a influência de Russell na consolidação da filosofia analítica, na lógica moderna e na promoção de uma educação crítica e reflexiva, que transcende o campo acadêmico.

PALAVRAS-CHAVE: Russell. Lógica. *Principia Mathematica*. Filosofia Analítica.

BREVE INTRODUÇÃO

Ao longo do século XX, poucos intelectuais exerceram tamanha influência sobre os rumos da lógica, da filosofia e da reflexão crítica sobre a ciência quanto Bertrand Russell. Figura emblemática do pensamento moderno, Russell não apenas protagonizou uma das mais significativas revoluções no campo da lógica matemática, como também empreendeu uma intensa militância intelectual em prol da razão, da liberdade e da justiça social. Sua obra, marcada por notável erudição e rigor analítico, entrelaça com

25 Licenciado em Matemática. Instituto Federal do Ceará – IFCE. chavespaivacarlosdaniel@gmail.com.
26 Doutor em Educação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS. mauriciovieira@unipampa.edu.br.
27 Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática. Instituto Superior de Teologia Aplicada – INTA. rildo.alves23@gmail.com.
28 Especialista em Matemática, suas tecnologias e o mundo do trabalho. Universidade Federal do Piauí – UFPI. prof.deassispl@gmail.com.

maestria os domínios da lógica formal, da epistemologia e da filosofia política, consagrando-o como um dos pilares da filosofia analítica e um dos grandes pensadores de seu tempo.

A problematização central deste trabalho emerge da indagação acerca de como Bertrand Russell conciliou seu esforço por edificar fundamentos lógicos sólidos para a matemática com uma filosofia engajada, comprometida com os dilemas éticos, políticos e educacionais da modernidade. Nesse sentido, busca-se compreender de que modo sua proposta lógico-filosófica, expressa sobretudo na monumental obra *Principia Mathematica* — elaborada em parceria com Alfred North Whitehead —, dialoga com sua visão mais ampla sobre o papel da razão na construção do conhecimento e na promoção de uma sociedade mais justa.

A questão de pesquisa que norteia esta investigação pode ser assim enunciada: em que medida a contribuição lógico-filosófica de Bertrand Russell, particularmente expressa na obra *Principia*, fundamenta uma concepção racionalista do saber e se articula com seu engajamento político e educacional no século XX?

Teoricamente, este estudo ancora-se nos marcos conceituais da filosofia analítica e da lógica moderna, abordando as críticas de Russell à teoria ingênua dos conjuntos e sua consequente formulação da teoria dos tipos — tentativa notável de resolver os paradoxos lógicos que ameaçavam a consistência da matemática. Examina-se, ainda, sua defesa do empirismo lógico, suas concepções sobre o conhecimento, bem como sua crítica ao dogmatismo metafísico e sua defesa de uma epistemologia racional e crítica.

A presente pesquisa tem como objeto de análise o pensamento de Bertrand Russell no que tange à intersecção entre lógica, matemática, filosofia e ação social. Justifica-se a pertinência deste estudo pelo caráter interdisciplinar de sua obra, cuja atualidade permanece incontestável tanto nos debates filosóficos quanto nos desafios contemporâneos da educação e da cidadania crítica. Compreender Russell é, pois, lançar luz sobre os fundamentos da racionalidade científica e sobre o papel ético da filosofia na transformação social.

Objetiva-se, assim, analisar as principais contribuições de Bertrand Russell à lógica e à filosofia, destacando sua tentativa de fundamentar a matemática na lógica, bem como as implicações epistemológicas e sociais de seu pensamento. Com isso, pretende-se investigar a gênese e os desdobramentos do *Principia,* discutir a formulação da teoria dos tipos como resposta aos paradoxos lógicos, explorar suas reflexões sobre empirismo e epistemologia, assim como examinar seu ativismo político e sua defesa da educação crítica.

Este trabalho adota uma metodologia com abordagem qualitativa de cunho teórico-bibliográfico, centrando-se na análise interpretativa de obras primárias e secundárias sobre Bertrand Russell. A investigação propõe-se a percorrer os principais escritos do autor, articulando-os com contribuições contemporâneas que permitam contextualizar e problematizar sua influência no pensamento moderno.

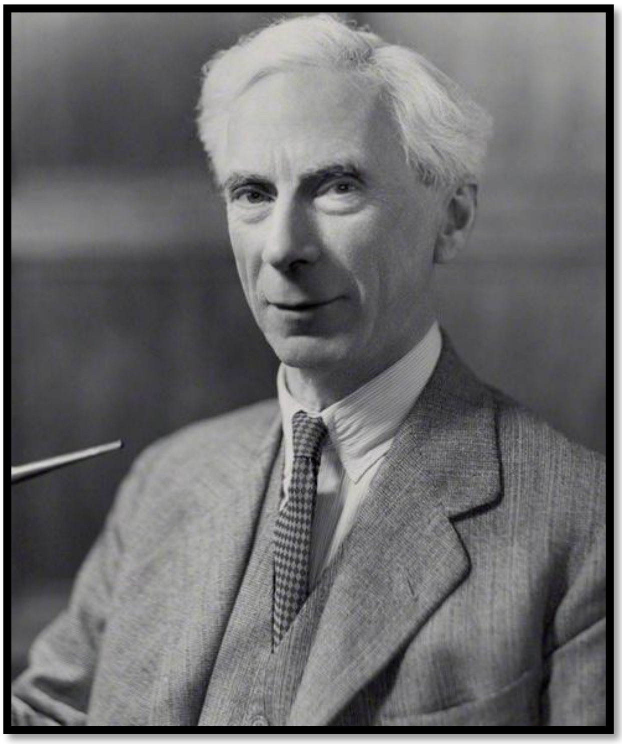
Assim, busca-se uma reflexão crítica e sistemática sobre a complexidade e a atualidade do legado de Russell, cuja busca pela verdade se deu tanto no domínio do raciocínio formal quanto na arena das grandes questões humanas.

ELEMENTOS TEÓRICOS

A investigação das contribuições de Bertrand Russell à lógica, à filosofia e à vida pública requer um arcabouço teórico que permita compreender tanto a densidade técnica de sua obra quanto sua inserção nos grandes debates filosóficos e sociais do século XX. Nesse sentido, recorre-se a um conjunto de autores cujas análises são fundamentais para o entendimento do escopo e da originalidade do pensamento russelliano, destacando-se as obras de Copleston (2003), Irvine (1998), Grayling (2019) e Marcondes (1997), entre outros.

Bertrand Russell pode ser compreendido, primeiramente, como herdeiro e reformulador da tradição empirista britânica. Conforme destaca Copleston (2003), Russell insere-se na linhagem filosófica que remonta a John Locke, David Hume e George Berkeley, mas a ultrapassa ao incorporar o rigor lógico e matemático do projeto fregeano. Sua epistemologia, embora fundamentada na experiência sensível, é atravessada por uma constante preocupação com a clareza conceitual e com a precisão formal, o que o distingue dos empiristas clássicos e o aproxima da tradição analítica moderna.

Figura 1: Bertrand Russell.



Fonte: https://www.planetadelibros.com.mx/autor/bertrand-russell/000000505.

No domínio da lógica, a contribuição de Russell se revela particularmente inovadora. Segundo Irvine (1998), o *Principia Mathematica* representa não apenas um marco técnico, mas um verdadeiro programa filosófico de fundamentação do saber. A teoria dos tipos, formulada por Russell como solução ao paradoxo que leva seu nome, constitui uma das primeiras tentativas sistemáticas de evitar autorreferências inconsistentes na lógica de predicados. Tal construção, ainda que posteriormente refinada por outros lógicos e matemáticos, como Gödel e Tarski, permanece como referência fundamental na história da lógica moderna.

Grayling (2019), por sua vez, chama atenção para o papel de Russell como pensador público. Ao lado de sua atuação acadêmica, Russell empenhou-se em tornar o saber filosófico acessível ao grande público, por meio de uma escrita clara e de uma postura intelectual combativa. Sua defesa do racionalismo ético, da liberdade de expressão e da educação crítica revela uma concepção de filosofia como atividade comprometida com a transformação do mundo, e não apenas com a contemplação abstrata das ideias.

No que concerne à filosofia da linguagem, Marcondes (1997) salienta que Russell antecipa preocupações que mais tarde seriam sistematizadas por Wittgenstein e pelo Círculo de Viena. Sua teoria das descrições marca um ponto de inflexão na compreensão da linguagem como meio de representação lógica da realidade, lançando as bases para a análise semântica e a distinção entre sentido e referência que influenciaria a filosofia contemporânea.

Permite-se, portanto, situar Bertrand Russell como figura central de uma filosofia comprometida tanto com a formalização rigorosa do pensamento quanto com sua dimensão ética e transformadora. A lógica, a epistemologia, a filosofia da linguagem e a ética convergem, em sua obra, para uma visão de mundo racional, crítica e orientada pela busca incessante da verdade e da justiça. Esse entrelaçamento entre teoria e prática, razão e ação, pensamento e compromisso social constitui o fulcro interpretativo que norteia a presente análise.

CONTRIBUIÇÕES DE BERTRAND RUSSELL À LÓGICA, À FILOSOFIA E À SOCIEDADE

A obra de Russell representa uma inflexão paradigmática no pensamento ocidental, cuja influência perpassa os domínios da lógica formal, da epistemologia, da filosofia da linguagem e do engajamento ético-político. Seu legado, multifacetado e denso, projeta-se como um marco na consolidação da filosofia analítica, estabelecendo novos parâmetros de rigor argumentativo e clareza conceitual. A amplitude e a profundidade de sua produção intelectual refletem uma inquietação filosófica ininterrupta, animada por um compromisso radical com a verdade, a racionalidade e a justiça.

No campo da lógica matemática, Russell figura como um dos fundadores da chamada lógica simbólica moderna. Sua tentativa de reduzir a matemática à lógica, consubstanciada na monumental obra *Principia Mathematica* (1910–1913), coescrita com Alfred North Whitehead, visava eliminar qualquer resquício de ambiguidade na fundamentação dos conhecimentos matemáticos. Tal empreendimento, inspirado pelo projeto logicista de Gottlob Frege, buscava demonstrar que todas as proposições matemáticas poderiam ser derivadas a partir de um pequeno conjunto de axiomas e regras lógicas formais. Nesse contexto, destaca-se sua formulação da teoria dos tipos como resposta aos paradoxos decorrentes da teoria ingênua dos conjuntos — em especial, o célebre paradoxo que leva seu nome, o paradoxo de Russell, que revelou uma inconsistência estrutural nos fundamentos da matemática tradicional. Como o conjunto de todos os conjuntos que não contêm a si mesmos (Whitehead; Russell, 1910).

Para além de suas inovações técnicas, Russell desempenhou papel central na emergência da filosofia analítica, ao propor uma abordagem filosófica caracterizada pela análise lógica da linguagem e pela busca de clareza na expressão dos pensamentos. Sua teoria das descrições, por exemplo, constituiu um divisor de águas no debate filosófico, ao propor uma solução lógica para problemas envolvendo proposições existenciais e nomes próprios, influenciando profundamente autores como Ludwig Wittgenstein e os pensadores do Círculo de Viena (Copleston, 2003; Irvine, 1998; Grayling, 2019).

No plano epistemológico, Russell sustentou uma perspectiva empirista crítica, na qual o conhecimento deriva da experiência sensível, mas deve ser submetido à análise racional. Seu esforço em delimitar os limites e as possibilidades do saber humano foi pautado por uma atitude cética e investigativa, alicerçada na convicção de que a razão, quando exercida de modo rigoroso, constitui o instrumento mais confiável para a construção de verdades provisórias e verificáveis (Russell, 1912; Marcondes, 1997; Copleston, 2003).

Entretanto, a relevância de Russell transcende o âmbito acadêmico. Sua trajetória intelectual foi marcada por um notável engajamento político e social, que o levou a se posicionar de forma veemente contra guerras, autoritarismos e injustiças. Pacificista convicto, opôs-se à Primeira Guerra Mundial, à proliferação nuclear e à opressão totalitária, sendo por vezes encarcerado por suas convicções. Defensor da liberdade de pensamento e da educação como instrumento de emancipação, propugnou uma pedagogia crítica, centrada na autonomia do educando e na valorização do espírito científico (Russell, 2017; Grayling, 2019; Irvine, 1998).

Assim, o legado de Bertrand Russell configura-se como uma síntese rara entre excelência teórica e responsabilidade ética. Sua obra continua a inspirar gerações de filósofos, lógicos, educadores e ativistas, não apenas pela sofisticação de seus argumentos, mas sobretudo pela coragem intelectual de enfrentar as grandes questões do conhecimento, da linguagem, da justiça e da condição humana.

A FUNDAMENTAÇÃO LÓGICA DA MATEMÁTICA: O PROJETO LOGICISTA DE RUSSELL

A contribuição de Russell à matemática transcende os limites da formalização simbólica, inscrevendo-se num ambicioso projeto filosófico: a tentativa de fundamentar toda a matemática na lógica. Tal empreitada, conhecida como logicismo, visava demonstrar que os princípios matemáticos seriam, em última instância, dedutíveis a partir de axiomas lógicos puros. Ao lado de Alfred North Whitehead, Russell empenhou-se na construção desse edifício conceitual por meio de uma monumental obra, publicada entre 1910 e 1913, cuja sofisticação formal e abrangência conceitual ainda hoje se constituem em referência para estudiosos da lógica e da filosofia da matemática.

Nesse contexto, o logicismo buscava estabelecer um arcabouço formal em que os conceitos fundamentais da aritmética – como número, conjunto e sucessão – pudessem ser definidos logicamente, eliminando qualquer ambiguidade semântica ou apelo à intuição. A influência de Gottlob Frege é notória, especialmente em relação à definição de número como classe de classes equinumerosas. Contudo, ao se deparar com os paradoxos gerados pela teoria ingênua dos conjuntos – notadamente o chamado paradoxo de Russell, que denuncia a autocontradição da noção de conjunto de todos os conjuntos que não contêm a si mesmos – o filósofo inglês propôs a teoria dos tipos, uma hierarquização lógica das entidades matemáticas que visa impedir tais inconsistências.

A teoria dos tipos introduz restrições formais ao uso de variáveis e predicados, de modo a evitar autorreferência e circularidade, problemas centrais nos sistemas dedutivos. Essa inovação permitiu a continuidade do projeto logicista, ainda que à custa de uma estrutura significativamente mais complexa e tecnicamente exigente (Whitehead; Russell, 1910). Por essa razão, embora o *Principia* não tenha alcançado o objetivo final de fundamentar toda a matemática, sua influência foi decisiva para o surgimento da lógica matemática moderna, abrindo caminho para os desenvolvimentos posteriores da metamatemática, da teoria da prova e da computação.

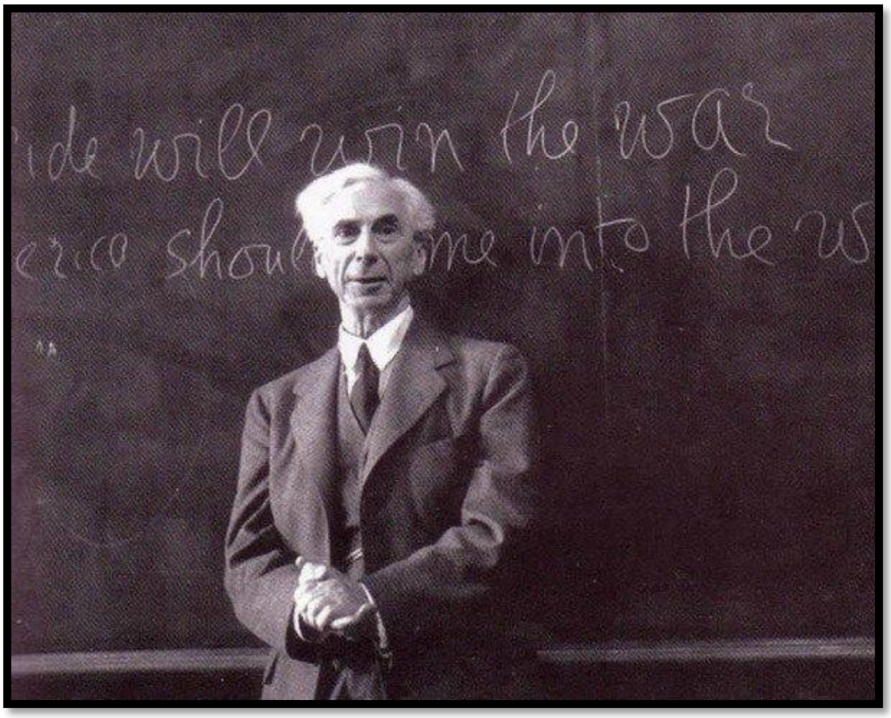
Ademais, Russell teve papel relevante no debate sobre os fundamentos da matemática ao confrontar outras correntes contemporâneas, como o intuicionismo de Brouwer e o formalismo de Hilbert. Em oposição ao ceticismo intuicionista, Russell sustentava que a validade das proposições matemáticas não depende de sua construtibilidade empírica, mas de sua consistência dedutiva no interior de um sistema lógico rigoroso. Sua confiança no poder estruturante da lógica evidencia uma concepção racionalista da matemática, na qual o rigor formal não apenas garante a validade do saber, mas também sua universalidade e objetividade (Shapiro, 2000; Copleston, 2003; Irvine, 1998; Grayling, 2019).

A contribuição de Bertrand Russell para a matemática não reside apenas em sua atuação como lógico, mas sobretudo na tentativa sistemática de integrar os domínios da lógica e da matemática em um projeto filosófico abrangente, cuja herança permanece viva nos campos da lógica simbólica, da filosofia da matemática e das ciências da computação.

RAZÃO, LIBERDADE E EDUCAÇÃO: A DIMENSÃO FORMATIVA DO PENSAMENTO DE BERTRAND RUSSELL

A filosofia de Bertrand Russell, embora frequentemente celebrada por suas inovações no campo da lógica e da epistemologia, revela-se também como um projeto profundamente comprometido com a formação crítica do indivíduo e com a construção de uma sociedade baseada nos princípios da razão, da justiça e da liberdade. Nesse sentido, a obra de Russell não se restringe ao domínio teórico, mas estende-se à esfera prática, política e educacional, constituindo um pensamento vivo, atravessado por inquietações éticas e humanistas.

Figura 2: Bertrand Russell (1872-1970).



Fonte: http://issocompensa.com/academia.

No cerne dessa proposta está uma concepção ampliada de razão, que vai além do mero formalismo lógico e da inferência dedutiva. Para Russell (2018), a razão é uma disposição ativa do espírito humano para o questionamento, para a suspensão do juízo diante de certezas dogmáticas e para o exercício livre do pensamento crítico. Essa atitude racional se opõe tanto ao fideísmo quanto ao relativismo, propondo um caminho intermediário: a busca de verdades provisórias, construídas por meio da análise, da argumentação e da experimentação intelectual. Assim, a razão é, para Russell, uma ferramenta de libertação — intelectual, moral e política — contra toda forma de opressão e ignorância (Russell, 2008).

Essa valorização da racionalidade desemboca em sua concepção de educação, entendida como instrumento de emancipação individual e transformação social. Em sua obra, Russell defende uma pedagogia que valorize a curiosidade, o espírito investigativo e a liberdade de pensamento. O educador, nesse contexto, não deve ser um transmissor de verdades absolutas, mas um mediador do desenvolvimento da autonomia intelectual do aluno, oferecendo-lhe as condições para pensar por si mesmo. Para Russell (2008), a verdadeira educação deve ensinar a pensar, não a repetir.

Essa perspectiva pedagógica se articula a uma crítica severa aos modelos autoritários de ensino, que subordinam o pensamento à obediência e a conformidade. Ao contrário, Russell sustenta que o ensino deve promover a livre investigação, o respeito à diversidade de opiniões e o cultivo do espírito científico. Tal visão aproxima-se, em certa medida, da proposta progressista defendida por autores como John Dewey, que também entendem a educação como processo de desenvolvimento da inteligência prática e da participação democrática (Grayling, 2019; Marcondes, 1997).

Outro ponto central na pedagogia russelliana é sua vinculação ao ideal pacifista e humanista. Para Russell (2018), a educação deve formar cidadãos conscientes, éticos e comprometidos com a construção de um mundo mais justo. Sua militância contra a guerra, contra a opressão dos regimes autoritários e em defesa da liberdade de expressão está diretamente ligada à sua concepção de formação intelectual e moral. O educando deve ser preparado não apenas para compreender o mundo, mas para transformá-lo com base em valores de justiça, solidariedade e racionalidade.

No cenário contemporâneo, em que o discurso anticientífico, a polarização ideológica e o esvaziamento crítico da esfera pública tornam-se ameaças à democracia, o pensamento educacional de Russell oferece um horizonte de resistência. Sua defesa de uma racionalidade ética e de uma pedagogia voltada para a formação do espírito crítico reafirma o papel da escola como espaço de diálogo, de emancipação e de cultivo do pensamento autônomo — condições imprescindíveis para a cidadania ativa e para a convivência plural em sociedades livres.

PERCURSO METODOLÓGICO

A presente investigação adota uma abordagem qualitativa de cunho teórico-bibliográfico, ancorada na análise crítico-interpretativa de obras primárias e secundárias que tratam do pensamento de Bertrand Russell. Tal escolha metodológica justifica-se pela natureza do objeto em estudo — um corpus conceitual denso e multidisciplinar que perpassa os campos da lógica, da matemática, da epistemologia, da ética e da filosofia política — exigindo, portanto, uma estratégia investigativa capaz de apreender suas múltiplas dimensões com profundidade analítica e rigor argumentativo.

A análise desenvolve-se a partir da leitura atenta e sistemática das principais obras de Russell, com destaque para *Principia Mathematica* (1910–1913), *Problems of Philosophy* (1912), *Our Knowledge of the External World* (1914), *A History of Western Philosophy* (1945) e *Why I Am Not a Christian* (1975), entre outras. Essas fontes são complementadas por um conjunto de textos exegéticos e comentadores contemporâneos, a exemplo de Copleston (2003), Irvine (1998), Grayling (2019) e Marcondes (1997), cuja interlocução permite enriquecer a compreensão crítica da obra russelliana.

A metodologia adotada funda-se, ainda, nos princípios da hermenêutica filosófica, na medida em que busca interpretar os textos em seu contexto histórico, lógico e discursivo, considerando as condições de produção e recepção das ideias de Russell ao longo do século XX. Para tanto, foram organizadas categorias analíticas que nortearam a investigação: (i) a fundamentação lógica da matemática; (ii) a filosofia analítica e a teoria da linguagem; (iii) as implicações epistemológicas do empirismo russelliano; e (iv) o engajamento ético-político no debate público.

Como lembra Gadamer (2013), a hermenêutica não é apenas um método, mas um diálogo com a tradição, em que o intérprete e o texto se reconhecem mutuamente como partícipes de uma história em constante reelaboração. Inspirado nessa perspectiva, o presente estudo assume que a análise do pensamento de Russell — tal como proposto por Ricoeur (1981) em sua "arqueologia do saber" — exige mais que uma reconstrução lógica: demanda uma escuta atenta às camadas de sentido que emergem do encontro entre sua obra e os contextos intelectual, político e social que a moldaram.

Assim, a interpretação aqui empreendida busca equilibrar, como sugeria Dilthey (2002), a exatidão da análise conceitual com a compreensão da vida que se expressa nas ideias, reconhecendo que a filosofia russelliana, em sua dualidade entre rigor formal e engajamento ético, é também um fenômeno histórico — e, como tal, portador de uma atualidade que se renova a cada leitura crítica.

Ao privilegiar a análise textual e a argumentação filosófica, esta pesquisa não se limita a uma reconstituição cronológica ou descritiva do pensamento de Russell, mas almeja identificar a coerência interna de seus sistemas conceituais, suas tensões e suas contribuições duradouras para o pensamento moderno. Assim, a metodologia aqui empregada visa tanto a exatidão conceitual quanto a problematização crítica, articulando leitura, interpretação e síntese reflexiva como instrumentos centrais do trabalho filosófico.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

A obra de Russell revela-se como uma das mais fecundas e influentes do século XX, na medida em que articula, de modo singular, rigor lógico, profundidade filosófica e engajamento social. A análise desta obra permite compreender como a busca pela verdade, conduzida por meio da razão e da crítica sistemática, constituiu o eixo central de sua produção teórica e de sua atuação pública.

No campo da lógica e da matemática, representa uma tentativa monumental de fundamentar toda a matemática na lógica simbólica. Essa empreitada insere-se no projeto logicista, segundo o qual os conceitos matemáticos derivam, em última instância, de princípios lógicos mais fundamentais. A teoria dos tipos, proposta por Russell como solução ao paradoxo que leva seu nome, constitui uma resposta engenhosa às contradições da teoria ingênua dos conjuntos, reafirmando o compromisso do autor com a coerência e a consistência formal dos sistemas dedutivos (Whitehead; Russell, 1910).

Todavia, a contribuição de Russell não se limita à esfera técnica da lógica. Seu pensamento filosófico, fortemente influenciado pelo empirismo britânico, reinterpreta a relação entre experiência e conhecimento sob a ótica da análise lógica. Em *Our Knowledge of the External World* (1914), Russell defende que o conhecimento deve ser ancorado em dados sensoriais, mas interpretado por meio de estruturas lógicas rigorosas, num esforço de superar tanto o ceticismo quanto o dogmatismo. A epistemologia russelliana, portanto, tensiona os limites entre o empirismo e o racionalismo, propondo uma síntese que valoriza simultaneamente a experiência e a razão como fundamentos do saber (Russell, 1914).

Outro aspecto fulcral da obra de Russell reside na filosofia da linguagem. Em sua teoria das descrições definidas, o autor demonstra como muitos problemas filosóficos clássicos podem ser dissolvidos por uma análise precisa da linguagem ordinária. Ao distinguir entre o significado lógico e o significado gramatical das proposições, Russell antecipa discussões que mais tarde seriam aprofundadas por

Wittgenstein, Quine e os filósofos do Círculo de Viena (Marcondes, 1997; Copleston, 2003; Irvine, 1998; Grayling, 2019). Essa contribuição projeta Russell como um dos fundadores da filosofia analítica contemporânea, cuja marca distintiva é a clareza conceitual e o compromisso com a linguagem como instrumento de investigação filosófica.

A atuação de Russell nos debates públicos e nas lutas sociais do século XX também merece destaque. Seu pacifismo intransigente durante a Primeira Guerra Mundial, sua militância pelos direitos humanos, sua crítica ao totalitarismo e sua defesa da liberdade de expressão revelam uma ética da responsabilidade que transcende os muros da academia. Para Russell, o filósofo não deve ser um espectador contemplativo, mas um agente crítico que intervém na realidade com vistas à sua transformação. Essa postura é reiterada em textos como *Why I Am Not a Christian*, nos quais denuncia o dogmatismo religioso e reivindica uma ética laica, racional e humanista (Russell, 1975).

Por fim, destaca-se a preocupação de Russell com a educação. Para ele, ensinar não é apenas transmitir conteúdos, mas cultivar o espírito crítico, a autonomia intelectual e o amor pela verdade. Sua visão pedagógica, centrada na liberdade de pensamento e na valorização da curiosidade, antecipa concepções educacionais progressistas que valorizam o diálogo e a reflexão como instrumentos formativos por excelência.

Assim, a análise da obra de Russell revela um pensador que conjugou, com rara maestria, o rigor lógico, a profundidade filosófica e o compromisso ético. Seu legado continua a influenciar não apenas a lógica e a filosofia contemporâneas, mas também os debates sobre ciência, educação, política e direitos humanos, reafirmando sua posição como uma das vozes mais lúcidas e corajosas do pensamento moderno.

ÚLTIMAS CONSIDERAÇÕES

A presente investigação sobre o pensamento de Bertrand Russell permitiu evidenciar a amplitude, profundidade e atualidade de sua obra, cuja relevância transcende os limites da lógica formal e da filosofia analítica para alcançar esferas mais amplas da epistemologia, da ética, da política e da educação. Russell emerge como um intelectual multifacetado, cuja busca incessante pela verdade, pautada pelo rigor lógico e pela clareza conceitual, associa-se a um firme compromisso com os ideais de justiça, liberdade e racionalidade.

Ao sistematizar os fundamentos da matemática a partir da lógica, Russell não apenas consolidou os alicerces da lógica moderna, mas também inaugurou uma nova forma de fazer filosofia: mais precisa, analítica e sensível às nuances da linguagem. Sua crítica aos paradoxos da teoria dos conjuntos e a formulação da teoria dos tipos atestam sua capacidade de enfrentar problemas complexos com originalidade e lucidez.

No âmbito da epistemologia, Russell propõe uma síntese fecunda entre empirismo e racionalismo, sustentando que o conhecimento deve ser construído a partir da experiência sensível, mas ordenado por princípios lógicos rigorosos. Essa perspectiva o levou a desenvolver uma filosofia da linguagem inovadora, na qual a análise semântica das proposições constitui instrumento fundamental para a dissolução de pseudo-problemas filosóficos.

Ademais, a presente análise demonstrou que o pensamento de Russell não se restringe à especulação abstrata, mas desdobra-se em uma práxis engajada e transformadora. Seu pacifismo, sua militância pelos direitos humanos e sua defesa intransigente da liberdade de expressão revelam uma ética fundada na razão, na dignidade humana e na responsabilidade intelectual. De modo semelhante, suas reflexões sobre a educação visam formar indivíduos autônomos, críticos e sensíveis à complexidade do mundo contemporâneo.

A história da matemática é, em essência, uma narrativa sobre a busca humana por fundamentos incontestáveis e verdades universais — uma jornada que Bertrand Russell personificou como poucos. Seu projeto logicista, embora não tenha alcançado a redução absoluta da matemática à lógica, revelou a fragilidade e a grandiosidade desse empreendimento, ecoando o paradoxo fundamental do pensamento ocidental: a tensão entre a aspiração à certeza e a inevitabilidade do questionamento. Ao mesmo tempo, sua defesa intransigente da razão como instrumento de libertação — tanto na ciência quanto na ética — lembra-nos que o conhecimento não é apenas um fim em si mesmo, mas uma ferramenta de transformação social.

Assim, o legado de Russell transcende os formalismos lógicos e se inscreve na tradição socrática de uma filosofia viva, que desafia dogmas, celebra a dúvida e, acima de tudo, insiste na indissociabilidade entre verdade, justiça e educação crítica. Em um mundo ainda assombrado pelo irracionalismo e pela fragmentação do saber, sua obra permanece um farol, lembrando-nos que a matemática, a ciência e a filosofia são, no fundo, expressões da mesma busca: compreender para emancipar.

Conclui-se, assim, que a obra de Bertrand Russell constitui um patrimônio filosófico de incomensurável valor, cuja atualidade se mantém viva em tempos marcados pela irracionalidade, pelo obscurantismo e pela polarização ideológica. Sua insistência na clareza, na razão e na argumentação lógica continua a oferecer uma bússola segura para aqueles que, no presente, ainda se empenham na tarefa de pensar criticamente e agir eticamente em um mundo em constante transformação.

REFERÊNCIAS

COPLESTON, Frederick. **A History of Philosophy:** Volume 8 – Bentham to Russell. New York: Image Books, 2003.

DILTHEY, Wilhelm. **The formation of the historical world in the human sciences.** Edited by Rudolf A. Makkreel and Frithjof Rodi. Princeton: Princeton University Press, 2002.

GADAMER, Hans-Georg. **Truth and method.** London: A&C Black, 2013.

GRAYLING, Anthony C. **The history of philosophy.** Penguin UK, 2019.

IRVINE, Andrew David. **Bertrand Russell:** critical assessments. London: Routledge, 1998.

MARCONDES, Danilo. **Iniciação à história da filosofia.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

RICOEUR, P. **Hermeneutics and the human sciences:** Essays on language, action and interpretation. Edited and translated by John B. Thompson. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

RUSSELL, Bertrand. **A conquista da felicidade.** Coleção Clássicos de Ouro. São Paulo: Nova Fronteira, 2017.

RUSSELL, Bertrand. **Educação e ordem social.** São Paulo: SciELO-Editora UNESP, 2018.

RUSSELL, Bertrand. **Ensaios céticos.** São Paulo: L&PM Pocket, 2008.

RUSSELL, Bertrand. **História do pensamento ocidental.** São Paulo: Ed. Publicações S/A, 2001.

RUSSELL, Bertrand. **Our Knowledge of the External World as a Field for Scientific Method in Philosophy.** London: George Allen & Unwin, 1914.

RUSSELL, Bertrand; WHITEHEAD, Alfred North. **Principia Mathematica.** Cambridge: Cambridge University Press, 1910.

RUSSELL, Bertrand. **The Problems of Philosophy.** London: Williams and Norgate, 1912.

RUSSELL, Bertrand. Why I am Not a Christian. **WINC2; Papers**, v. 10, p. 26, 1975.

SHAPIRO, Stewart. **Thinking about mathematics:** The philosophy of mathematics. Oxford: Oxford Press, 2000.

INFORMAÇÕES SOBRE OS/AS ORGANIZADORES/AS DA OBRA

Jarde Moisés Rodrigues Silva
Bacharel em Ciências Econômicas
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
jardemoises+professor@gmail.com
http://lattes.cnpq.br/1024822834616052

Rildo Alves do Nascimento
Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática
Instituto Superior de Teologia Aplicada - INTA
rildo.alves23@gmail.com
https://lattes.cnpq.br/5548641849364238

Cleber Barbosa Iack
Doutor em Estatística e Investigação Operacional
Universidade de Lisboa – ULisboa
profiack@gmail.com
http://lattes.cnpq.br/8842582569661853

Carlos Daniel Chaves Paiva
Licenciado em Matemática
Instituto Federal do Ceará – IFCE
chavespaivacarlosdaniel@gmail.com
https://lattes.cnpq.br/7786024451364957

Maria Aparecida de Moura Amorim Sousa
Doutoranda em Educação
Universidad Tecnológica Intercontinental - UTIC
ninamamorim@gmail.com
http://lattes.cnpq.br/3313272951601144

Elciete de Campos Moraes Brum
Mestra em Educação
Universidade Federal do Pampa -UNIPAMPA
elcietecmbrum.mat@gmail.com
https://lattes.cnpq.br/3024422391642415

Plácido Anthony Lima Martins Queiroz
Mestre em Matemática
Universidade Federal do Ceará - UFC
anthony.queiroz@gmail.com
https://lattes.cnpq.br/6626369213908256

Adeilson José da Silva
Mestre em Matemática
Instituto Federal do Piauí - IFPI
adeilsonprofessor452@gmail.com
https://lattes.cnpq.br/9922454275479799

Cleydiel Edmar da Silva
Mestre em Matemática
Instituto Federal do Piauí - IFPI
cleydielsilvajc@gmail.com
http://lattes.cnpq.br/1143446520739760

ÍNDICE REMISSIVO

EDITORA AMPLAMENTE

ISBN: 978-6-55321-004-2

9 786553 210042